



СЪЮЗ
НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

1'20

СВЕТА
СВЕТА
СВЕТА
СВЕТА

НА

ФИЗИКАТА

С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

том XLIII, кн. 1, 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,
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

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

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 Maslyanitsin,
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

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

За комуникацията в науката

С 2020 година започна третото десетилетие на ХХІ век. Изминалите десет години донесоха нови знания. Много от откритията не бяха изненади, тъй като бяха резултат на дългогодишни изследвания, на техническо и технологично усъвършенстване и развитие, като например регистрирането на гравитационните вълни. Въпреки това без съмнение, обръщайки поглед назад към това десетилетие, ще отбележим промени в парадигмата във всички области на физиката, като нови технологии, експериментални методи и начини на мислене, които променят хода на развитието ни. Физиката на елементарните частици и астрофизиката навлязоха в нови епохи, свързани с промени в методите на провеждане на изследванията. Нови технологии, основани на принципите на квантовата механика, обещаваат сериозна промяна в компютърната техника и в материалознанието.

Без съмнение науката играе важна и сложна роля в нашия живот. Проучвания за общественото разбиране на науката, обаче, показват, че мнозинството от хората не могат да възприемат социалното въздействие на научните открития, а приемат за даденост огромните предимства, ползвайки всички технически и технологични удобства. Обществото не разбира как работи науката, не се интересува как се постигат и прилагат научните резултати. Досегът на повечето хора с науката най-често се изчерпва с онази малка част, получена от живота в училище. След това по-голямата част от науката, която хората виждат или чуват, е от средствата за масова информация по телевизията или в интернет. Това означава, че информацията, която се получава там, не е достатъчна за разбиране на бързо изменящите се условия и научния напредък, както и на необходимостта от влагането на средства и ресурси за по-нататъшното развитие на научните изследвания. От една страна, науката, и в частност физиката, става все по-завладяваща и вълнуваща, а от друга – сякаш все по-изплъзваща се за непосветените. Не се обръща внимание на въпроси, за които науката знае най-много, преувеличават се и се критикуват евентуални грешки или неуспехи. Появява се пропаст в комуникацията между учениците и гражданите.

Ако гражданите не знаят как функционира науката и не оценяват какво се прави в научноизследователските лаборатории в университетите и институтите, малко вероятно е тя да намери необходимата обществена и финансова подкрепа за развитието си. Както се описва в „*Communicating science*“, издание от 2006 г. на ЕК, министърът на научните изследвания на Великобритания е отправил следното изискване: „*В трийсет реда да се обясни защо*

британските данъкоплатци трябва да инвестират значителна част от ресурсите си за изследване на Хигс-бозона“. Какво са отговорили запитаните физици, не е известно, но не са успели да убедят министъра.

В момента е особено важно да има добра комуникация и за осъществяване на приемственост чрез грижата за талантите, чрез създаване на интерес и мотивация сред младото поколение. Това изисква активност от страна на учените, което често не е лесно за тях. Те обикновено не се обучават как да разпространяват физичните знания на достъпен език, интересно и увличащо, да показват важната роля на науката в модерния свят. Някои просто имат този талант. В допълнение към споделянето и разпространението на знания, разказването на научни истории помага да се предаде ценността на научния начин на мислене и рационалното отношение към проблемите, дори към тези, които нямат нищо общо с науката.

В настоящия момент, когато светът се бори с пандемията на *COVID-19*, обхващаща и нашата страна, е важно хората да успяват да се ориентират сред изобилието на информация от различни източници. В предишния брой на списанието беше публикувана статия за зависимостта от съвременните технологии и заплахите от редица природни явления и катаклизми. Беше казано, че докато чумата се е разпространявала по Земята през Европа и Близкия Изток със скорост от около 2 км/ден, всеки модерен еквивалент на подобно събитие би могло да пропътува през целия свят в рамките само на един ден. Подобни събития могат да имат временно световни последствия и поставят населението в неблагоприятни условия. Справянето с тях зависи от напредъка на научните знания и умението те да бъдат прилагани.

Винаги е имало учени, посветени на разпространението на собствената си работа. Първият може би е Галилей, на когото Църквата никога не простила, че предпочита да пише на обикновен език, вместо на неясния латински. През XIX век Майкъл Фарадей, започвайки през 1826 г., в продължение на повече от двайсет години, всеки петък вечер, по време на изключително многолюдни лекции, провеждани в Кралското физично дружество в Лондон, описва най-новите постижения в науката.

През 1943 г. Е. Щрьодингер изнася серии популярни лекции „Какво е животът“, като броят на посетителите на всяка лекция е не по-малко от 400.

През втората половина на XX век американският астроном и астробиолог Карл Сейгън добива световна известност с научнопопулярните си книги и със съавторството си в телевизионния сериал „Космос“. Стивън Хокинг също спечелва международна известност с популярните си книги, като например „Кратка история на времето“.

Но да се върнем у дома. В полза на идеите за комуникация и популяризация на физични знания са и издаването на списание „Светът на физиката“, и участието му в провеждането на ежемесечната лектория „Физиката на жи-

во“, и Европейският проект „Физика за всеки“, както и редица прояви, на които Списанието е медиен партньор, като конференциите по „Въпросите на обучението по физика“, фестивалът „Наука на сцената“, лекциите от серията *Science Bricks: Наука с кауза*.

В настоящия брой на „Светът на физиката“ можете да прочетете интервюто с проф. А. Драйшу, в което се разказва освен за работата и вдъхновението на учените, разработили могъщи светлинни инструменти, довели до Нобелови награди за своите създатели, за „тебеширената“ физика и учебния експеримент в рамките на обучението по физика, за грижата за академичните ни наследници. Той подчертава, че определено си заслужават усилията, насочени към това обществото да бъде информирано за възможностите за реализация на завършилите физика и по-общо на дипломираните в областта на природните науки.

На реализацията на един млад физик е посветено есе на тема „Моето бъдеще на специалист – мечти, планове и реалност“. Ето какво пише авторката: *„Светът на физиката и инженерните технологии е необятен. Започнеш ли да се занимаваш с една толкова сериозна наука, няма как да спреш. Дава възможност да се развиваш в безброй направления“*.

В коледните си размисли проф. Н. Витанов ни напомня, че *„Някои теми са толкова сериозни, че за тях може да се говори само на шегата“*, както е казал Н. Бор, но нека да оставим шегата настрана и да осъзнаем, че науката е движеща сила на позитивна обществена еволюция. Научно-технологичното развитие е довело някои страни до състояние на развити общества, а пренебрегването на науката е отпратило други страни на опашката на развитието. Необходимо е познание за специфичните свойства на научните структури, свързани с националните наука и иновации, и специфичните начини на техния мениджмънт.

Нека да завършим с цитат на А. Айнщайн от сборника му с есета и писма *„Как виждам света“* (виж бр. 4 от 2019 г. на списанието): *„Контактът между интелектуалеца и масите не бива да се губи. Той е необходим за възвисяването на обществото и в също толкова голяма степен – за обновяването на силите на самия интелектуалец“*.

Сашка Александрова

главен редактор на „Светът на физиката“

РАЗВИТИЕТО НА НАУКАТА ПРЕДПОЛАГА ПРИЕМСТВЕНОСТ, НАДГРАЖДАНЕ, НАТРУПВАНЕ И ОСМИСЛЯНЕ НА ЗНАНИЯ

Интервю с проф. Драйшу, декан на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ за периода 2011 – 2019 г., за светлината, за могъщите светлинни инструменти и Нобеловите награди, за „тебеширената“ физика и учебния експеримент, за грижата за академичните ни наследници.

Светът на физиката: Здравейте, проф. Драйшу, благодаря Ви, че приехте поканата за това интервю.

Нобеловата награда по физика за 2018 г. беше дадена за новаторски изобретения (*groundbreaking inventions*) в областта на физиката на лазерите, в която Вие имате сериозна активност и постижения. От откриването на лазерите са изминали 60 години. За това време те бяха усъвършенствани, напредъкът е огромен, приложенията – неизброими. Какво прави работата на Нобеловите лауреати толкова специална, че да заслужи най-престижната награда за един учен?

Проф. Александър Драйшу: Бих искал да уточня, че едната половина на Нобеловата награда за 2018 г. беше дадена за разработването на техника за усилване на лазерни импулси, довела понастоящем до достигането на безпрецедентно високи интензитети на лазерното лъчение и до развитието на много експериментални техники в различни области на физиката и технологиите, които са непостижими с други средства. Втората половина от наградата е присъдена за разработването на прецизна техника за оптично захващане и манипулиране на обекти с микронни и субмикронни размери. В тази област от решаващо значение са лазери с ниска мощност и интензитет, но с изключително прецизно контролирани параметри. И двете постижения са в областта на фотониката, но бих си позволил да кажа поотделно по няколко думи за всяко. Всъщност не би било коректно да не спомена поне няколко от големите предишни постижения на науката, върху които израстват идеите на Нобеловите лауреати. Съзнавайки пълната липса на изчерпателност, ще спомена само, че:

- Времето на Галилей и на Нютон е времето на механиката. Близко до мисленето е да се смята, че светлината се състои от частици, които се подчиняват на механичните закони. Най-силният аргумент, подкрепящ схващането, е праволинейното разпространение на светлината в хомогенни среди. За-

коните на механиката могат да обяснят отражението и пречупването на светлината. В тези схващания различните цветове на светлината се свързват с различни частици – корпускули, които остават неизменни при своето разпространение. Етерът се разглежда като среда, която запълва пространството и телата, но не е пречка за движението на телата, нито пък е видима, освен нейните трептения. Моля, забележете, че Нютон говори за трептения на етера, предизвикани от корпускули. Така, съвсем схематично формулирана, корпускулярната теория е парадигма до началото на XIX в.

- През 1864 г. Максвел дава завършена форма на законите за електромагнитното поле, правейки първото велико обединение във физиката – това между електричеството, магнетизма и оптиката. Никой до Максвел не е наблюдавал електромагнитни вълни, но наличните данни от измервания на сили му позволяват да пресметне тяхната скорост на разпространение. Той пише: *„Трудно можем да избегнем извода, че светлината представлява трептене на същата среда – етер, която е причина за електричните и магнитните явления“*. Максвел има предвид и друго общо свойство на светлинните и електромагнитните вълни – и двете са напречни вълни.

- Електромагнитната природа на светлината поставя въпроса за взаимодействието на светлината с веществото – излъчване, поглъщане, разсейване. Необходими стават конкретни модели на строежа на веществата. Известно е било експерименталното наблюдение, че при повишаване на температурата им нагретите тела не само излъчват по-интензивно, но се променя и цветът на излъчването им – от червено през жълто до синьо и бяло при все по-високи температури. През 1900 г. Макс Планк извежда полуемпирично формула, описваща известните данни за излъчването на абсолютно черно тяло. За целта му се налага да предположи, че светлината, а също и другите електромагнитни вълни, се излъчват на порции с точно определена енергия – кванти (фотони). Това рязко противоречи на теорията за светлината като електромагнитна вълна. Самият Планк до края на живота си остава скептично настроен към резултата.

- През 1905 г. Алберт Айнщайн формулира нова хипотеза: светлината не само се излъчва на порции, но и се поглъща на порции със същата енергия на кванта. Тази хипотеза му позволява да обясни законите на фотоефекта, за което, през 1921 г., получава Нобелова награда. Несъмнено по-известните му изследвания по теория на относителността са маркирани с формулировката „за важни физико-математически изследвания“.

- Правейки огромни пропуски във времето, искам да спомена, че през 1909 г. Ърнест Ръдърфорд, първи барон Ръдърфорд на Нелсън, формулира планетарния модел на атома. Още през 1917 г., след като Айнщайн прогнозира съществуването на стимулираното излъчване, теоретичните основи на

създаването на лазерите са изградени. Но трябва да минат още 40 години до създаването им...

• През 1951 г. Чарлз Таунс (*Charles Townes*) от Колумбийския университет в Ню Йорк формулира идеята за първия мазер (*MASER: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), а първият мазер на базата на молекули на амоняк е пуснат в действие през 1954 г. и генерира при дължина на вълната около 1 cm с мощност от порядъка на 10 nW. През 1955 г. Н. Г. Басов и А. М. Прохоров от Физическия институт „Лебедев“ в Москва опитват да конструират и да построят оптичен осцилатор. През 1957 г. Гордън Гулд (*Gordon Gould*) от Колумбийския университет за първи път употребява *LASER* (абrevиатура от *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). През 1960 г. Таунс и Шайлоу (*Arthur Schawlow*) от Лабораториите „Бел“ получават патент за оптичен мазер, наричан лазер. На 16 май 1960 г. Теодор Майман (*Theodore Maiman*) конструира първия рубинов лазер с кристал с диаметър 1 cm и дължина 2 cm. През 1964 г. Чарлз Таунс, Н. Г. Басов и А. М. Прохоров получават Нобелова награда по физика.

Казах всичко това, за да подчертая, че развитието на науката предполага приемственост, надграждане, натрупване и осмисляне на знания, новаторски пробиви, разчупващи парадигмите, както място за здравословен скептицизъм, така и място за новаторски устрем. По-прозорливи от мен са казали, че през XXI в. фотониката ще измести в много области електрониката. С това по никакъв начин не искам да кажа, че фотониката може да съществува без електрониката. Напротив. Бих си позволил само един кратък пример от ежедневието. До много от домовете на читателите сигналите на Интернет, телевизията и на телефонните оператори (и не само те) достигат по едно единствено оптично влакно (коректно казано – оптичен вълновод). За разработването на такива вълноводи с ниски загуби Нобелова награда е присъдена на Чарлз Као (*Charles K. Kao*) за „новаторски постижения, отнасящи се до пренасянето на светлина по оптични влакна за оптичните комуникации“. Логично, къси (във времето) лазерни импулси са необходими за предаване на информация с висока плътност. Може би е добре да дам още един пример. Почти всеки читател носи поне един мобилен телефон с поне една камера с много мегапиксели. Малцина си дават сметка, че Нобелови награди за физика за 2009 г. получават Уилърд Бойл (*Willard S. Boyle*) и Джордж Смит (*George E. Smith*) „за изобретяването на полупроводников сензор за изображения – т.нар. CCD сензор“. Очевидно именно постиженията в областта на природните науки са основата за развитието на техниката.

След това неразумно дълго предисловие бих искал да се върна към Вашия въпрос: Какво прави работата на Нобеловите лауреати за 2018 г. толкова специална, че да заслужи най-престижната награда за един учен? Преформулирайки мотото в спорта „по-високо, по-бързо, по-далеч“, част от изследва-

нията в лазерната физика и техника се развиват под мотото „по-високи енергии, по-къси импулси, по-високи интензитети на светлината“. Какво значи „бързо“ в съвременната фотоника? С механичен хронометър може да се измери една секунда. Бързият затвор на обектив на камера реагира за около една милисекунда ($1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$). Химическата експлозия се развива за около една микросекунда ($1 \text{ }\mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$). Бързата цифрова електроника (например съвременен компютърен процесор) извършва една елементарна операция за типично време около (и по-малко от) една наносекунда ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$). От този порядък са продължителностите на лазерните импулси, генерирани от лазери с модулация на доброкачествеността на резонатора. Те не са никаква екзотика и в учебните лаборатории на катедра „Квантова електроника“ студентите правят своите практически упражнения с поне 3 такива лазера. Характерното време за ротация и вибрация на молекули е от порядъка на пикосекунди ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$). Такива къси времена са недостижими за съвременната електроника, но са напълно постижими при лазерите със синхронизация на модовете. Пределът на тази техника е генерирането на импулси с един цикъл на носещата вълна под обвивката на импулса (*single-cycle pulse*), разбира се със специални активни елементи. Типичните продължителности на тези свръхкъси импулси са под 10 фемтосекунди ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). В тази и в субфемтосекундната скала са времената, характерни за „движенията“ на електроните. Тук всеки физик би възкликнал „Става интересно!“. За неизкушения от постиженията в областта е добре да дам един пример: 10 фемтосекунди се отнасят към 1 минута, както 1 минута се отнася към възрастта на Вселената. Наистина интересно... Но има проблем... Типичната енергия на такива импулси е единици наноджаули ($1 \text{ nJ} = 10^{-9} \text{ J}$). Да си припомним един нагледен пример. Когато вдигнете една средно голяма ябълка от пода на масата Вие ѝ придавате потенциална енергия от около един джаул. В този смисъл енергията на лазер, излъчващ фемтосекундни импулси, е ... незначителна... Да, така е. Но мощността на тези импулси е тяхната енергия, разделена на продължителността им. Ако импулсът е с енергия от 10 nJ и се излъчва за 10 fs (напълно реалистични данни за един съвременен лазерен осцилатор), мощността му е един млн. вата (10^6 W). Любителите на автомобилния спорт вероятно ще кажат, че такива са мощностите на най-мощните спортни автомобили в света понастоящем (но развивани за много по-дълъг период от време). Това са огромни мощности, но могат ли да бъдат постигнати и по-високи? Та нали при тези стойности вече се отива към границата на оптичен пробив и на разрушаване на оптичните материали, особено, ако снопът се фокусира (напр. поради нелинейни ефекти). Да, по-високи интензитети са възможни. Отговорът е даден от Дона Стрикланд (*Donna Strickland*) и Жерар Муру (*Gérard Morou*) в една тяхна статия от 1985 г. в списание *Optics Communications*. В интерес на хронологията, те прилагат метода си за пикосекундни им-

пулси, а действието на първия фемтосекунден лазер е описано в публикация едва три години по-рано – през 1982 г. Но именно при фемтосекундните лазери предложеният метод има своя разцвет. Идеята е проста и, образно казано, се състои в правилното подреждане на три думи: „разшири, усили, скъси“. По-подробно: щом интензитетът при директно усилване става толкова висок, че оптичните среди се повреждат („пробиват“), импулсът предварително може да се разшири, за да се намали интензитета му. При усилването той остава дълъг (и дори става още по-дълъг), но многократно се увеличава енергията му. Когато е постигнато възможното, усиленият импулс се скъсява (компресира), но вече само с отражателна оптика (напр. с двойка дифракционни решетки). Компресията води до драматично увеличаване на интензитета на импулсите. В Нобеловата си лекция Жерар Муру дава интуитивен пример: *„Това, което трябва да имате на ум, е, че когато ползвате ... метода ... можете да получите лазерни мощности ..., които съответстват на десет млн. Айфелови кули на върха на пръста ви. Това означава, че навлизаме в нови режими във физиката“*. В рамките на съвременните схващания при интензитети над 10^{20} W/cm² се навлиза в областта на релятивистката оптика, в над 10^{25} W/cm² – в ултрарелятивистката оптика. Макар това навлизане да предстои, на базата на предложената от Нобеловите лауреати техника се изграждат трите стълба на консорциума „Екстремна светлина“ (*ELI, Extreme Light Infrastructure*), финансиран от Европейския съюз. Този в Прага (Чехия) ще се фокусира върху развитието на вторични източници на къси импулси отлъчения и частици. Инсталацията в Сегед (Унгария) ще предоставя на изследователите екстремно широко пренастройваеми източници на фемтосекундно и атосекунднолъчение ($1 \text{ as} = 10^{-3} \text{ fs}$) при висока честота на повторение. Изследванията в Мъгуреле (Румъния) ще се фокусират върху лазерно-индуцирани ядрени реакции. За пълнота искам да отбележа, че България е сред съоснователите на консорциума „Екстремна светлина“. Националният представител по това време беше Софийският университет, Физически факултет, представляван от катедра „Квантова електроника“, с колектив, ръководен от чл.-кор. Соломон Салтиел, заместен след така преждевременната му кончина от проф. Иван Христов.

Втората половина на Нобеловата награда за физика за 2018 г. бе присъдена на Артур Ашкин (*Arthur Ashkin*) за изобретяването на „оптичните пинсети“. По-нататък ще употребявам термина без кавички. Става въпрос за прецизно приложение на лазери с ниски мощности, излъчващи в непрекъснат режим, но с прецизен контрол на пространствените им параметри. Оптичните пинсети използват силно фокусиран лазерен сноп за захващане на обекти. Градиентите на интензитета на фокусирувания сноп притеглят малки обекти (напр. колоидни частици) към фокуса. В същото време налягането на светлината се стреми да ги придвижи успоредно на оптичната ос на снопа. При ус-

ловие, че градиентната сила доминира, частицата се оказва захваната в три измерения, във фокуса на снопа. Последното лесно се постига с два снопа, разпространяващи се насрещно, при малко осево отместване на фокусите им. Ще се опитам да го обясня и малко по-подробно, както го прави Нобеловият комитет. Ашкин показва, че малки прозрачни сферички се привеждат в насочено движение, когато се осветят с лазерен сноп. Скоростта им съответства на теоретичната му оценка. Това доказва, че наистина налягането на светлината е това, което ги бута. Неочакван ефект е бил, че градиентната сила ги насочва към центъра на снопа, където светлината е най-интензивна. Това е така, понеже интензитетът на снопа намалява към периферията му и сумата от двете сили придвижва частиците към оста на снопа. Ашкин показва, че сферичките могат да левитират, когато лазерният сноп е насочен вертикално. Обяснението е, че налягането на светлината компенсира гравитацията. Когато лазерният сноп е фокусиран с леща, той като оптична пинсета може да захване малки частици и дори живи бактерии и клетки. Класическата публикация на Ашкин е от 1986 г. в списание *Optics Letters*. В нея той описва техниката и показва впечатляващи резултати (във водна среда) за частици с размери от 25 μm до около $\sim 10\text{ nm}$. Понастоящем техниката е достигнала невероятна прецизност във възможностите си за контрол на ансамбли от подредени частици в три измерения. Заинтересованите читатели биха могли да намерят голям брой филмирани демонстрации в Интернет.

СФ: Награда се дава за изследвания, извършени преди около 30 години, когато откривателите Дона Стрикланд, Жерар Муру и Артур Ашкин са съответно докторант, консултант и ръководител на проекта, т.е. представители на три поколения. Как виждате съвместната работа на учените в настоящия момент, която да доведе до постигане резултати, достойни за Нобелова награда?

А. Д.: Сътрудничеството между студенти, докторанти, асистенти, старши преподаватели/изследователи и консултанти би трябвало да се възприема (и се надявам, че се възприема) като най-нормалното нещо. Мисията на преподавателя и на изследователя не е само да даде знания на студентите и на докторантите, но и да запали у тях искрата на стремежа към знания, възпитавайки ги в духа на научната етика. В началото на кариерата си те, разбира се, се нуждаят от подкрепа. Но е добре да се помни това, което по-мъдри от мен са казали. Когато един студент попита възрастен професор дали нещо е възможно, отговорът може да е „да“. Най-вероятно професорът е прав. Но ако отговорът е „не“, много е вероятно професорът да греши (освен ако няма противоречие с принципите на физиката). В този смисъл по-възрастните и опитни изследователи и преподаватели трябва да си дадат сметка, че от един

период нататък е добре да се вслушват в разсъжденията и в идеите на по-младите си колеги (не само от тактичност). Може би по-младите, без да знаят, че нещо „не може“ да се постигне, могат да го постигнат на базата на свои собствени идеи. Безусловно, младите хора заслужават подкрепа. Затова по-възрастните не трябва непременно да чакат още повече признание. Показателно за достойнството на учения е поведението на Артур Ашкин. Едва след присъждането на Нобеловата му награда той, вече на преклонна възраст, за първи път споделя, че се е чувствал забравен от Нобеловия комитет. Причината – неговият ученик Стивън Чу, „на когото той бил държал ръката“, докато правел първите си уловки за частици, получил преди него (1997 г., 11 години по-рано) Нобеловата си награда за реализирането на нова лазерно-базирана техника за охлаждане на частици (т.нар. Доплерово охлаждане) до ефективни температури от μK и за последващото им захващане в различни уловки. В крайна сметка по-възрастните преподаватели и изследователи трябва да осъзнаят дълга си да обучат и възпитат своите наследници в науката и да имат доблестта, на определен етап, да им отстъпят мястото си.

СФ: Има ли приемственост на поколенията у нас, има ли желаещи да учат физика? Наблюдава ли се намаляване на интереса към физиката и приложните науки и ако има, на какво се дължи?

А. Д.: Истински желаещи да учат физика има. Каква ли е мотивацията? Представям си, че тези млади хора са разбрали едно нещо повече от връстниците им. Образованието по физика разкрива красотата на света, в който живеем. Те започват да го разбират и започват да разбират колко малко разбираме всички ние... Образованието по физика е отчасти поставяне на трудни въпроси, започващи със „защо?“, търсене на приблизителни отговори на база приближен модел и чрез физическа интуиция търсене на още, и още информация, прецизиране на въпроса, задаване на въпроси, като „а не може ли...?“, прецизиране на модела и на възможните отговори, отхвърляне на противоречащите на принципите на физиката, ...и все така, и все така – нагоре по стълбицата на познанието. Желаещи има. Не малка част от тях го правят в чужбина. Няколкото, които се върнаха да продължат следването си във Физическия факултет на Софийския университет, се убедиха, надявам се, че по-скромната материална база за практически занятия напълно се компенсира от индивидуалния подход към тях и от непосредствеността на контакта преподавател – студент. През последните 5 години, доколкото зная, интересът към физиката и приложните науки сред кандидатстудентите е колебливо-постоянен. Винаги сме имали $\frac{1}{4}$ от новоприетите студенти, които са блестящи. Останалите, в една или в друга по-висока степен, трябва да бъдат мотивирани и подкрепяни. Много от студентите финансират сами следване-

то си, което ги откъсва от основното, от учебния процес. Би било далеч по разумно, ако финансирането на изследователските проекти би позволило ангажирането им, поне на някои от тях, срещу заплащане, с помощна научна работа в лабораториите и дори с техническа/административна работа във факултетите. Намаляване на интереса към физиката се случи всъщност в период от преди повече от 10 години. Опасявам се, че твърде многото реформи в средното училище, твърде многото варианти на учебници, преподаваната в класните стаи „тебеширена“ физика и пренебрегването на учебния експеримент са само едната страна на причините. Другата страна е развитието на обществото ни в посока на потребителско общество под мотото „бързи пари и лъскава опаковка“. Студентите по физика трябва да си дадат сметка, че никой не очаква от тях да са гениални, но от тях се очаква да проявяват трудолюбие и постоянство, преодолявайки препятствията и запълвайки пролуки, останали в средното им образование. Това е трудно, но далеч не е непоситимо, а е и въпрос на възпитание в определени ценности, което се получава в семейството. Струва ми се, че за значителни групи от нашето общество това е проблем... За радост, при последните два приема броят на студентите във Физическия факултет на Софийския университет отначало колебливо, а през тази година по-осезаемо нарасна. Можем само да се надяваме, че това е начало на тенденция, а не флуктуация.

СФ: Как оценявате подготовката в средните училища? Достатъчни ли са часовете по физика? Какво е нивото на обучението – материална база, учебници и др.?

А. Д.: Да кажа нещо за средните училища, поставяйки ги под един общ знаменател, би било некоректно. Определено има не малко училища с мотивиран преподавателски състав, което се отразява положително на нивото на подготовката на възпитаниците им. За мен въпросът е, на първо място, в мотивацията на преподавателите. По-доброто им материално мотивиране е нещо положително, но от един етап нататък трябва да се обвърже с резултатите, постигнати от учениците. При това оценката на тези резултати трябва да е обективна (анонимна, от външни за средното образование институции, напр. университети и БАН). Опасявам се, че в противен случай външната (материална) мотивация може да доведе до застой на вътрешната мотивация на учителите. А нали тя е тази, която трябва да издигне отново учителя до нивото на неоспорим авторитет в обществото. От близки до мен и достатъчно надеждни за мен източници чувам мнения, че сегашните учебни програми са претрупани, а материалът не е достатъчно поясняван, тъй като липсват нужните учебни часове. Стигаме до въпроса кое е по добре – учениците да научат малко по-малко, но да го усвоят и да могат да го прилагат или малко от

тях да успеят да поемат цялата информация, а повечето да не успеят. Тук ролята на учителя е огромна. Подобен проблем има и в обучението по физика в университетите. Винаги съм се придържал към схващането, че лекторът трябва да се адаптира в разумни граници към нивото на студентите и да се стреми да им даде възможно най-много знания по възможно най-достъпния начин, а в никакъв случай не трябва да парадирва с това, колко много самият той знае. Материалната база на училищата за практически занятия (учебни експерименти) е решаваща за съхраняването на интереса на учениците. Не-що видяно и разбрано никога не се забравя. Повече часове по физика в училище – да, нужни са, дори само защото, както е написал през далечната 1848 г. авторът на „Извод на физика“ Найден Геров: „Физиката е висока и пространна наука“. Знанията трябва да се получават, натрупват, осмислят, натрупват, осмислят и така нататък... Както е казал един от големите физици на нашето време (цитирам по памет): „В книгите в библиотеката ми има много повече информация, отколкото в главата ми, но физик съм аз“.

СФ: Каква е реализацията на завършилите физика след бакалавърска и магистърска програма?

А. Д.: Физиците добре знаят, че реализацията на абсолвентите ни е пълна. Проблем е дали кандидатстудентите го знаят. Рейтинговата система на Министерството на образованието и науката години наред показва безработица сред възпитаниците на Физически факултет на СУ, която е в рамките на статистическата грешка. Защо е така? Защото в хода на обучението си те се изграждат като мислещи и можещи млади хора, поставящи си въпроси и търсещи отговорите им. Компютърните умения за тях не са самоцел, а средство да постигат целите си. Чуждоезиковите умения на много от тях са добри, а те са също необходимо средство в работата им. Не малко работодатели го оценяват. Показателно за това е присъствието им във Физически факултет в ежегодния (напоследък) Ден на кариерата. Имам предвид не само работодатели като ядрената ни централа, институтите на БАН, Ръководство на въздушното движение и софтуерни фирми, но и фирми с реална развойна и производствена дейност. Не бива да се остава с впечатление, че всичко е блестящо. Определено си заслужават усилия, насочени към това, обществото като цяло да бъде информирано за възможностите за реализация на завършилите физика (и по-общо – на дипломираните в областта на природните науки). Това ще повиши мотивацията на кандидатстудентите. Заслужава си и по-интензивно да се поддържат връзки с работодатели, които сами да се убедят в качеството на обучението по физика във Физическия факултет.

СФ: Има ли интерес към докторантските програми? След получаването на *PhD*, завършилите докторанти мотивирани ли са да се реализират у нас или търсят работа извън България? Имате ли постдокторантски програми?

А. Д.: Интерес към докторантските програми във Физическия факултет има. През годините той е относително постоянен. Можем да се гордеем с много висок процент на успешно защитили докторанти. Последните два докторантски проекта и особено първият, ръководен от проф. Николай Витанов, им осигуриха възможности за участия в международни форуми, за набавяне на актуална научна литература и за нужната им материална подкрепа. В момента програмите на Министерството на образованието и науката за подкрепа на докторанти и на млади учени поеха тази функция, което оценявам като много положително. Надявам се да са устойчиви във времето. Старшите преподаватели, макар с известно чувство, че са забравени, подкрепят безрезервно по-младите. Разбира се, мотивирани и добри наши абсолвенти продължават развитието си като докторанти в чужбина, но в това не виждам проблем. Почти всяка година млади специалисти, защитили докторатите си в чужбина, търсят институционална подкрепа от Университета за сериозно финансирани проекти, които да им позволят да се върнат и да се реинтегрират във Физическия факултет. В интерес на истината, до момента не зная за такъв успешен проект. Може би верният път е този, избран наскоро от МОН, например с Националната програма „Петър Берон“. Тя адаптира за България реинтеграцията на учени по Европейската програма „*Marie Skłodowska-Curie*“ чрез индивидуални стипендии. Дано процедурата по селекция да бъде принципна и на базата на единни критерии... Все пак съм на мнение, че всеки университет/факултет/кафедра трябва да се погрижи да „отгледа и възпита“ академичните си наследници. За това трябва да се мисли навреме. Процесът на изграждане на един университетски преподавател, по мое мнение, надхвърля 10 години.

СФ: По какъв начин привличате младите учени да работят в България?

А. Д.: Трудно би могло да бъде привлечен млад учен, ако не му бъде показана перспективна тематика и перспективи за собственото му развитие. В този смисъл личният контакт е особено важен. Под перспективи за развитие имам предвид не само перспектива за академично израстване, но и възможности за международен научен обмен, казано най-общо. Дотук нещата са в ръцете на преподавателите и учениците. Дори и при блестящи перспективи, младите хора трябва да мислят за дом и за семейство. Тук нещата са по-сложни. В рамките на сегашните размери и договорни условия на научните проекти, финансирани у нас, подкрепата за младите учени е по-скоро симво-

лична и не е устойчива във времето. Най-общо казано, струва ми се, че тук е мястото за намеса на далновидните работодатели. Вярвам, че с увеличаване на търсенето на квалифициран персонал от страна на работодатели със самостоятелна финансова политика, нещата в страната могат значително да се подобрят.

Взел интервюто: **Сашка Александрова**

DEVELOPMENT OF SCIENCE SUPPOSES CONTINUITY, UPGRADE, ACCUMULATION AND THOROUGH UNDERSTANDING OF KNOWLEDGE

Interview with Prof. Dreischuh, Dean of the Faculty of Physics at Sofia University „St. Kliment Ohridski“ for the period 2011 – 2019, on light, powerful light instruments and the Nobel Prizes, on „chalk“ physics and the scholastic experiment, on the care of our academic heirs.

In this interview prof. Alexander Dreischuh, renowned Bulgarian scientist in the field of quantum electronics and non-linear optics, talks about the 2018 Nobel Prize in physics which was awarded „for groundbreaking inventions in the field of laser physics“. This is an exciting story about laureates' research, discoveries and achievements and how these find a practical application, about the preceding scientific achievements on which the ideas of the Nobel laureates grew up. Prof. Alexander Dreischuh answers also questions concerning problems of education in physics in schools and universities, PhD programs and the professional realization of the graduates.

Interviewer: Sashka Alexandrova

ЛАЗЕРНИ МЕТОДИ ПРИ РЕСТАВРАЦИЯ И КОНСЕРВАЦИЯ НА КАВАЛЕТНА ЖИВОПИС (част III)

Мариана Кънева

Последната част на студията е посветена на лазерните методи за обработка на произведения на кавалетната живопис с лазер: почистване, рязане за стратиграфиране, както и на методите за документиране – 3D сканиране за точни реплики на оригинални произведения.

7. Лазерна аблация за почистване на картини

Класически методи за почистване в консервацията и реставрацията на картини са химичното и механичното отстраняване на слоеве лак или боя. Използването на разтворители може да повлияе на пигментите и свързвателите по необратим и нежелателен начин, тъй като е трудно да се контролира проникването на разтворителя в слоевете боя. Скалпелът представлява очевидна заплаха от физическо разрушаване на текстурата. И двата метода се базират изключително върху сръчността на реставратора.

През последните 30 години лазерната аблация стана признат метод за отстраняване на материал от повърхността [1]. В консервацията лазерите са използвани главно за реставрация на скулптури от камък или мрамор [2]. От средата на 90-те години на миналия век нараства и интересът към използването на лазерите като алтернативен метод за почистване на рисувани с бои повърхности, с които да се избегнат възможни необратими промени, причинени от химичните или механичните методи. През 1992 г. е публикувана първата статия по използване на ексимерен лазер върху кавалетна живопис [3], като лазерът се използва за отстраняване на фирнис и други отлагания върху живописния слой. Приложението на лазерите върху картини изисква повече внимание поради силната чувствителност на слоевете боя към светлината. Лазерната аблация е контролируем и възпроизводим метод, при който няма физически допир с картината, и по този начин е в съответствие с възприетия в консервацията и реставрацията „принцип за минимална интервенция“. Приложенията ѝ се фокусират основно върху премахването на слоеве, които не могат да се отстранят по друг начин, например силно полимеризирани фирниси, които са неразтворими.

Лазерното почистване трябва да се използва с добре контролируеми методологии. Всеки лазер е ефективен, селективен и безопасен при определени параметри. Допреди десетина години почистването на кавалетна живопис

беше едно от най-големите предизвикателства пред лазерните методи, изискващо грижливо изучаване на лазерно-индуцираните ефекти, за да се предотврати повреждане на живописния слой. Картините са многослойна система с хетерогенна природа, често много чувствителни и твърде трудни за почистване. Съвременните изследвания са насочени към разбиране на взаимодействието на лазерното лъчение с такива сложни структури и механизмите, обуславящи отстраняването на материал, с цел да се постигне подходяща реставрация. Изследванията, свързани с лазерното почистване на картини, все още не са достатъчни, за да се установят ефектите върху материалите за живопис и да се уточнят най-добрите параметри на лазерното лъчение за всеки материал (фирнис, пигмент, свързвател). Съществува известен песимизъм по отношение на това дали лазерното почистване е безопасно за реставриране на картини по отношение на контрол върху количеството отстранен материал и на дългосрочния ефект върху боите след облъчването с лазер. Затова изследванията са ориентирани в тези две посоки.

Основните предимства на почистване чрез лазерната аблация са:

- Липса на пряк механичен контакт с обработваната повърхност.
- Възможност за фокусиране на голяма енергия в прецизно локализирана точка на повърхността без влияние върху съседните зони.
- Локализирано действие в дълбочината на материала при подходящ интензитет и брой на импулсите в зависимост от дебелината на материала, който подлежи на отстраняване.
- Може да се използва за *in situ* почистване без да се премества картината.
- Процесът на почистване е много бърз.
- Не се въвеждат нови атоми на повърхността, както при другите процедури за почистване.
- Дебелината на отстранения слой може да се контролира лесно като се променя интензитета на лъча и честотата на повторение на импулсите.

Почистването с лазер предлага редица предимства като автоматизация, селективност и най-вече висока степен на контрол чрез редица аналитични методи за *in situ* диагностика, базирани на лазерни методи [4].

Най-големият недостатък на лазерното почистване е, че под неговото въздействие художествените материали могат да претърпят нежелателни физични и химични промени като обезцветяване на боите или деградация на свързвателя. Съставните материали реагират по различен начин на лазерното лъчение в зависимост от своя химичен състав. Ето защо, преди избора на процедура за почистване, е необходимо пълно познаване на взаимодействието на лазерното лъчение с пигментите, свързвателите и фирнисите. Проведени са и все още са в ход редица изследвания върху моделни образци, за да бъде напълно разбрано взаимодействието на лазерното лъчение с художест-

вените материали. Подходящ избор на вида лазер и работните му параметри биха оптимизирали резултатите от почистването, предотвратявайки страничните ефекти и запазвайки историческите слоеве под отлаганията.

7.1. Ефекти, причинени от облъчване с лазер

Почистването на картини с помощта на лазери може да се обясни с три основни механизма: термичен, фотомеханичен и фотохимичен, които могат да действат едновременно, въпреки че обикновено доминира един от тях, главно в зависимост от използваната дължина на вълната [2].

Термичните ефекти се определят главно от топлопроводността на материала, както и от параметрите на лазерното лъчение: дължина на вълната и продължителност на импулса.

Фотохимичните изменения са основният източник на странични ефекти при лазерната аблация. Радикалите и йоните, които се получават при нея, са силно реактивни и образуват фотоокислителни продукти или по време на облъчването, или след това. Окислителни продукти липсват, когато се остави недокоснат слой от пигмента (боята); в останалия слой (след почистването), се наблюдават различни продукти от окисляването. Изглежда настъпва интензивна фотодисоциация на пигментите и получените радикали реагират с кислорода от околната среда и/или със свързвателя. По тези причини, при почистването на картини, много се внимава живописният слой да не се подлага на облъчване с лазер.

Въпреки че фотохимичният механизъм е преобладаващ (особено при УВ-лазери), налице са също фотомеханичен и фототермичен механизъм на деградация. Наблюдава се известно разрушаване на повърхността, което се дължи на механично напрежение по време на облъчването с лазер [5]. Изследването на ударните вълни [6] показва, че те са с амплитуда няколкокестин бара при аблация на тъкан и полимери с ексимерен лазер. Ефектът от тези вълни може да е съществен, особено при високи интензитети, но при отстраняване на състарен фирнис при интензитет на лъчението под 1 J/cm^2 , механизмите на ударната вълна не са от значение. Последствията от индуцираното механично напрежение зависят от механичните свойства на материала, наличието и вида на интерфейси и др. Изследване чрез холографска интерферометрия за установяване на пукнатини и отлепвания или други механични дефекти при чистенето на моделните системи при интензитети $0,8 - 1,5 \text{ J/cm}^2$ показва, че на интерфейса между картината и подложката възникват отлепвания, които най-вероятно се дължат на различния отклик на двата материала към лазерно-индуцираните механични напрежения. Има индикации обаче, че след значителен период от време лазерно-индуцираните деламации започват постепенно да релаксират, което означава, че тяхното образува-

не може да е частично обратимо. Степента на обратимост е предмет на допълнителни изследвания.

7.2. Лазери, използвани за почистване на картини

Най-подходящи за почистване на картини са няколко вида лазери [7] в импулсен режим с микросекундна и наносекундна продължителност на импулсите. Използването на лазери в непрекъснат режим за отстраняването на нежелани отлагания върху повърхността на картината също е възможно при избор на дължина на вълната, при която слоевете, подлежащи на отстраняване, поглъщат максимално и при минимизиране на всякакви въздействия върху лежащата под тях картина. Намаленото топлинно натоварване и снижаването на аблационния праг [8] при използване на фемтосекундни лазерни импулси ги прави подходящи при почистване на чувствителни обекти като хартия или запалими материали [9].

– Екимерни лазери

Този тип лазери са много ефективни поради силната абсорбционна способност на материалите, от които са съставени фирнисите и боите, което причинява минимално проникване в подслоевите. Изследванията показват, че 248 nm е най-обещаващата дължина на вълната за отстраняване на фирнис и добавени слоеве върху боите [10, 11]. С помощта на такъв лазер могат да се отстранят замърсени слоеве с дебелина 20 – 300 μm при резолюция 0,1 – 1 μm на импулс и слоеве от полимерни органични материали с точност 0,1 до 2,0 μm на импулс [12]. Ясно е, че почистването с екимерен лазер може да бъде на порядъци по-силно избирателен процес, отколкото който и да е механичен или химичен метод [13].

– Nd:YAG лазер

Излъчва в близката ИЧ област ($\lambda=1064 \text{ nm}$ (ω)) с хармонични 532 nm (2ω), 355 nm (3ω), 266 nm (4ω) 213 nm (5ω). ИЧ лъчение предизвиква фототермични ефекти, способни да разкъсат връзки в неорганичните материали. Въпреки че са по-слабо ефективни при органични материали, тъй като енергията им е недостатъчна за да разруши ковалентните връзки, този тип лазери могат да дадат отлични резултати при живописни творби [14, 15].

– Er:YAG лазер

Er:YAG лазер работи в режим на Q-модулация при дължини на вълната в близката ИЧ, видимата или близката УВ-област. Лъчението му с дължина на вълната 2,94 μm (средна ИЧ област) се поглъща силно от ОН-връзките. Теоретично ефективността на лазерната аблация е право пропорционална на количеството ОН групи в материалите. Тези ОН-връзки, които не присъстват в оригиналния материал, могат да се получат чрез добавяне на хидроксилиращи течности (вода, алкохол и др.), които могат да подпомогнат ограничава-

нето на проникването на лъчението и топлината, така че лазерното лъчение да се поглъща от много тънък слой на повърхността и дълбочината на аблация да е много малка – няколко микрона, което води до контролиране на аблацията с висока точност [16, 17]. При оптимални условия на облъчване (интензитет, хидроксилраща течност, продължителност на импулса, честота и др.) ербиевите лазери могат да се използват за отстраняване на нежелани повърхностни слоеве, в частност фирниси, допълнително полагани бои, замърсявания и биологични отлагания. Характеристиките на тези лазери ги правят обещаващо средство за консервация и реставрация, но те все още остават по-слабо разпространени от други лазери в тази област [18].

7.3. Влияние на лазерното лъчение върху материалите за живопис

Типичната картина се състои от няколко слоя боя (всеки с дебелина около 20 – 50 μm), положени върху в повечето случаи дебел грунд, нанесен върху основа (платно, дърво и т.н.). Върху последния слой боя се нанася фирнис (с дебелина около 50 – 80 μm), който усилва цвета и защитава боите. Върху него се отлагат различни замърсители от въздуха или продукти от стареенето му, дължащо се на два процеса едновременно: триизмерна (3D) полимеризация и естествено окисляване, особено във външните слоеве [19]. Затова, в повечето случаи реставрацията на една картина се фокусира върху почистване на фирниса.

Основният риск при почистването с лазер е възможната промяна в цвета на пигментите, ако лъчението попадне директно върху тях. За да се избегне обезцветяването на пигментите се препоръчва да се остави тънък слой фирнис (обикновено 5 – 10 μm), който да предотврати проникване на лъчението в живописния слой. Също така, при използване на оптимален интензитет на лазера по време на почистването, по-малко светлина прониква към лежащите отдолу слоеве. Оптималният интензитет за почистване на картини е от 200 до 600 mJ/cm^2 , докато за отстраняване на добавени картини се изискват 2 – 3 пъти по-високи интензитети. Определянето на граничните стойности на лазерните параметри, при които може безопасно да се приложи лазерното почистване, е решаващо за жизнеспособността на лазерната техника като допълващо средство в съвременната реставрационна практика. То включва систематично изследване на ефекта от облъчването върху системи от моделни образци за оценка на физичните и химичните промени, предизвикани от него при различни условия. [11, 20].

7.3.1. Влияние на лазерното лъчение върху фирнисите

Фирнисите обикновено са тетрациклични или пентациклични химични съединения с карбонилни или хидроксилни групи. УВ-лъчението се поглъща силно от някои функционални групи на фирнисите и от продуктите на разлагането им, което прави K_rF лазер особено подходящ за отстраняването им.

Освен KrF лазер за целта е използван и ArF лазер (193 nm) с отлични резултати. Обаче при втория ефективността на аблацията е сравнително ниска, което, в комбинация с ниската изходна мощност на ArF лазер, прави почистването бавно и скъпо. Многообещаващо е използването на по-къси импулси [9]. Апроксимирайки топлинните свойства на фирнисите с тези на прости аморфни органични съединения и/или полимери, може да се оценят размерите на зоната, която е повлияна от топлината при наносекундни импулси – около 90 – 200 nm, т.е. по-малка или сравнима с дълбочината на проникване на лъчението при $\lambda=248$ nm [17].

Наблюдавани са различия при сравняване на ефекта от лазерното облъчване ($\lambda=248$ nm) за дамарова и мастикова смола. Дамаровата поглъща много по-слабо, отколкото мастиковата. Установено е, че пресният фирнис е прозрачен за УВ светлина отколкото старият.

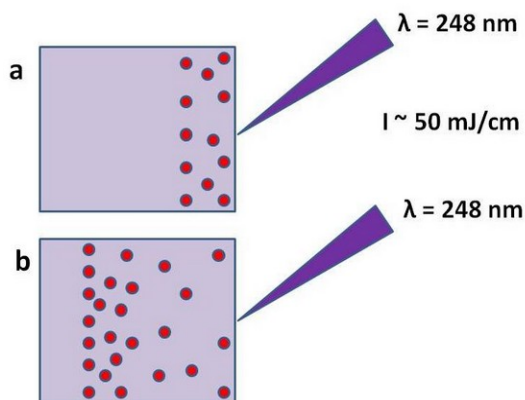
За разлика от мастиковата смола, фотолизата и натрупването на хромофори при облъчване на дамаровата смола са значителни. При дамаровата смола фотолизата настъпва на голяма дълбочина и част от фотопродуктите не могат да излязат, а се натрупват в слоя. В случай на силно поглъщаща среда натрупването на фотопродукти е съществено само при ниски интензитети (~ 50 mJ/cm²). При високи интензитети (както при лазерното почистване) облъчената област придобива висока степен „флуидност“, така че фотопродуктите, или поне тези с по-малък размер на молекулата и/или с по-голяма летливост, могат лесно да десорбират. Този ефект може да е съществен фактор за успеха на лазерното почистване, тъй като предполага минимална намеса от страна на по-малките, силно реактивни фрагменти или продукти.

В случаите на силно поглъщащ фирнис (мастикова смола) е установено, че фоторазлагането на C₆H₅C₁₂ е минимално за интензитети до 350 mJ/cm² (най-високият изследван интензитет). Слойт фирнис действа като филтър, предпазвайки светлината да достигне до пигментите и свързвателя (Фигура 1). Част от хромофорите фотодисоциират, но в зависимост от реактивността на околната смола голям брой от фрагментите могат да рекомбинират и да реформират бащината молекула.

За разлика от мастиковата смола, фотолизата и натрупването на хромофори при облъчването на по-слабо поглъщащата при 248 nm дамарова смола е значително. Фотолизата настъпва на по-голяма дълбочина и част от фотопродуктите не могат да се отделят, а се натрупват в слоя, дори при ниски интензитети (~ 50 mJ/cm²).

Без съмнение, по време на облъчването се получават голям брой радикали. В зависимост от относителния им брой доминира омрежване или деполимеризация. Много вероятно е емпирично определеният интервал от интензитети да съответства на частично омрежване, като по такъв начин се възстановява първоначалната или подобна 3D структура. Оптималните условия за об-

лъчване могат да се определят така, че вредните фотохимични ефекти да са минимални.



Фигура 1. Схема, илюстрираща предназначава роля на силно поглъщащата мастикова смола (a) в сравнение с по-слабо поглъщащата дамарова смола (b). С кръгчетата са означени вградените хромофори

7.3.2. Влияние на лазерното лъчение върху свързвателя

Механизмът за увреждане на свързвателите от лазерното лъчение не е напълно разбран и са предложени различни теории.

Яйчна темпера

При облъчване с Krf-лазер ($\lambda = 248 \text{ nm}$) се наблюдават химични промени и обезцветяване. Основният проблем е окисляването на свързвателя, въпреки че то се ограничава до дълбочини близо до повърхността ($< 2 \mu\text{m}$). Окисляването изглежда се влияе от присъствието на определени неорганични пигменти. Анализите показват, че неоцветената яйчна темпера след облъчване се променя по-слабо химически. Сравнението на резултатите при органични и неорганични пигменти в един и същ свързвател показват, че видът на пигмента има значение при деградацията на свързвателя, като неорганичните пигменти допринасят за деградацията и овъгляването му. Това би могло да се дължи на окисляване или на омрежване.

Масло

След аблация при $\lambda = 1064 \text{ nm}$ и интензитет $\sim 0,6 \text{ J/cm}^2$ в газовата фаза са установени алкени, алкани и алдехиди, както и други неидентифицирани нискомолекулни продукти. Предполага се, че отделените газове се охлаждат много бързо поради адиабатно разширение, предизвикано от късите импулси, при което редукционната атмосфера предотвратява окисляването.

Акрил

Акрилите са синтетични смоли, направени от полимеризирани естери на акрилни киселини. Експерименти за отстраняване на добавени слоеве боя,

извършени при $\lambda = 248 \text{ nm}$ и интензитет $1,3 \text{ J/cm}^2$, показват, че боите посивяват, но при по-нисък интензитет ($0,21 \text{ J/cm}^2$) отстраняването на горния слой не поврежда свързателя.

7.3.3. Влияние на лазерното лъчение върху пигментите

При почистването лазерното лъчение прониква в слоя, който трябва да се подложи на аблация и ако не се контролира, ще проникне в живописния слой, което може да предизвика обезцветяване на пигмента, подложен на облъчване. Обезцветяването на пигментите е сериозен проблем. То зависи от природата на материала и от вида (λ) и интензитета на лазерното лъчение. Предполага се, че се дължи на фотохимични изменения в радикалите и че йони, образувани при аблацията, могат да образуват фотоокислителни продукти [17]. При пряко облъчване на боите без защитен фирнис са открити няколко продукта от окисление и са обяснени като резултат от фотодисоциация на пигментите и с реакциите на радикалите с кислород от атмосферата или с наличен в свързателя. Потъмняването на боите би могло да се дължи на редукция – процес, който може да се обясни с дефицит на кислород, причинен от плътната плазма, което би могло да доведе до разлагане на някои съединения.

При повечето живописни обекти, облъчени с УВ лазер, се наблюдава обезцветяване при пряко попадане на лазерно лъчение (най-лошият сценарий) върху боите [21]. Това обезцветяване се ограничава до няколко микрометра от повърхността на картината, потвърждавайки че УВ светлина влияе върху най-горния слой. Фирнисирани картини не показват обезцветяване при третиране с лазер, потвърждавайки, че фирнисът действа като предпазен слой за материала на боите. Обезцветяването на боите се свързва или с промяна в окислителното състояние на пигмента [22], или с образуването на тънък слой ($\sim 2 \mu\text{m}$) от овъглени частици, образувани при аблацията.

Много често в практиката на лазерното почистване е необходимо да се характеризират и оценят възможните ефекти от пряко облъчване с УВ лъчение на нефирнисирани картини. За тази цел са използвани голям набор от аналитични методи за изследване на природата и степента на измененията настъпващи в картината.

Съществуват два основни прага – на обезцветяване и на аблация. Те се дефинират като минималната енергия на лазерното лъчение, падаща върху образеца, необходима за да предизвика промяна в цвета (праг на обезцветяване) или за отстраняване на материал от повърхността (праг на аблация). Обаче има и друг праг, който също би трябвало да се разглежда – това е минималната енергия на лазерното лъчение, необходима за да се предизвика каквато и да е промяна върху повърхността на материала. Лазерното лъчение има различни ефекти върху повърхността в зависимост от материала, които варират от минимални промени до пълна промяна в топографията и грапави-

ната на повърхността. Най-обикновеният ефект е отстраняването на свързвателя от горния слой, което оставя частичките на пигментите от повърхността незащитени.

Праговете на обезцветяване за всички пигменти са сравнително ниски, между $0,03 \text{ J/cm}^2$ и $0,18 \text{ J/cm}^2$, с изключение на костната черна, която е най-устойчива спрямо лазерно лъчение с $\lambda=248 \text{ nm}$. Най-чувствителните пигменти са оловната бяла и цинобър, които имат сходно поведение: и двете се обезцветяват при $0,5 \text{ J/cm}^2$, а аблацията настъпва при $0,20 \text{ J/cm}^2$. Хромовата жълта е пигментът с най-малка разлика между праговете – само $0,05 \text{ J/cm}^2$. Прагът на обезцветяване е малко над прага на аблацията на другите пигменти. Прагът на аблацията за нея е над $0,40 \text{ J/cm}^2$. Един фактор, който влияе върху физичните ефекти от лазерното облъчване, например е размерът на частиците на пигмента, различаващи се за отделните пигменти.

При изследването на ефектите на обезцветяване на маслени бои, третирани с KrF-ексимерен лазер, с цел да се провери реакцията на пигментите и техните смеси, използвани широко от художниците през XIX в., спрямо различните параметри на лазерното лъчение [23] е установено, че материалите имат различна чувствителност спрямо лъчение с дължина на вълната 248 nm и че влиянието на лъчението върху смес от пигменти не би могло да се предскаже от влиянието на лъчението върху отделните пигменти. Смесите имат поведение, което е много различно от това на чистите пигменти, като поведението на всеки пигмент влияе по различен начин върху поведението на сместа. Резултатите за смеси от чисти пигменти показват, че тяхното поведение не може да се очаква да е усреднено за съставлящите пигменти. В действителност както като физични характеристики, така и хроматично, смесите показват различно и понякога неочаквано поведение. В някои случаи добавянето на един пигмент към друг (например на цинобър към жълта охра), намалява чувствителността на сместа към деградацията, предизвикана от лазерното лъчение. При смесените бои могат да се наблюдават три типа реакции:

- 1) първият тип е, когато сместа има същия или почти същия праг на аблацията както и чистите пигменти;
- 2) сместа има по-нисък праг на аблацията, отколкото тези на отделните компоненти;
- 3) сместа има по-висок праг на аблацията от тези на отделните пигменти.

Пълно обяснение за обезцветяването на пигментите все още не е дадено. Счита се, че то може да се дължи на химично разлагане, фазов преход или физични ефекти, като например топене. При някои пигменти се установяват промени в химичния състав и поява на кристална фаза, което предполага структурна модификация вътре в обема на частиците от пигмента близо до прага на аблацията. Използването на набор от различни аналитични методи за

изследването на тестовите проби дава ценна информация за краткосрочното и дългосрочното влияние на УВ лъчение върху материалите на боите.

Известно е, че наличието на свързвател влияе върху степента на обезцветяване на някои пигменти. Също така е известно, че при $\lambda = 1064 \text{ nm}$ свързвателите са по-слабо чувствителни от неорганичните пигменти. Различни източници установяват, че интензитетът на флуоресценцията съществено намалява след облъчване с УВ-лазер, което може да служи като доказателство за деградация на свързвателя или се дължи на наличието на примеси. Деградацията на свързвателя може да повлияе върху оптичните качества на боите и да допринесе към обезцветяването на пигментите. Например потъмняването на оловните пигменти при облъчване с лазер се свързва с образуването на PbO_2 (платнерит) в резултат на окисляване или с редукционни явления. Някои автори считат, че при бои на основата на оловни пигменти наличието на свързвател влияе върху степента на обезцветяване на пигмента, стимулирайки превръщането на оловния карбонат (пигмента) в елементарно олово на повърхността.

Определени пигменти могат да претърпят химични и кристалографски промени, съпроводени от промени в цвета [24]. Минералите, от които се получават пигментите, могат да претърпят загуба на хидроксилни групи или друго химично пренареждане. Органичните компоненти от скелетен, кератинов и целулозен материал може да пиролизират, аблират или да се ецнат. Полимерите могат да се обезцветят, да претърпят структурни промени или да бъдат изпарени.

Извършеното в [13] сравнение за влиянието на λ върху 10 неорганични и 1 органичен пигмент показва, че най-висок праг на обезцветяване се наблюдава при $\lambda = 1064 \text{ nm}$. Пробите са силно чувствителни към лъчение с $\lambda = 355 \text{ nm}$ и 266 nm . Авторите считат, че химичната реакция, поради която настъпва обезцветяване на пигментите, се дължи на топлина, предизвикана от въздействието на лазера. Също така е установено, че хроматичните промени не са право пропорционални на интензитета, а зависят от него по сложен начин.

Илюстрация за твърде различното поведение на пигментите и причините за него при облъчване с лазерно лъчение са следващите няколко примера:

Обезцветяването на червената оловна се обяснява с образуването на оловни оксиди, а потъмняването на жълтата оловна – с редукция на PbO до метално олово.

Обезцветяването на неаполитанската жълта е най-видимо при 355 nm и вероятно се дължи на фотохимично взаимодействие.

Сравнително устойчива към лазерно въздействие е кобалтовата синя при $\lambda = 1064 \text{ nm}$ и 532 nm при прагова стойност $0,5 \text{ J/cm}^2$, но при $\lambda = 355$ и 255 nm праговият интензитет пада до $0,1 \text{ J/cm}^2$.

Най-устойчиви са смалт и френска зелена, които не се обезцветяват и не се променят химично, но се повреждат механично при по-високи интензитети.

Титановата бяла посивява при $0,6 \text{ J/cm}^2$ ($\lambda = 1064 \text{ nm}$). Тази промяна в цвета може да е причинена или от физични ефекти чрез нарастване размера на частиците, или от химично разлагане на металните оксиди.

Цинобърът (HgS) е продукт на метастабилно равновесие на две изомерни фази – червен хексагонал цинобър (α -HgS) и черен кубичен метацинобър (α' -HgS). Пигментът може да се превърне от червен в черен в резултат от фотохимична реакция. Тази промяна почти не зависи от дължината на вълната [13].

Ултрамаринът е силно устойчив пигмент [13]. При лазерно въздействие е възможно известно обезцветяване (от тъмносиньо към светлосиньо) след достигане на праговия интензитет. За бои, които го съдържат, е подходящо лазерно почистване с Nd:YAG лазер (и при 4-те дължини на вълната).

Аблацията на органични материали води до образуване на тънък слой сажди върху повърхността на картината. Такъв слой не се получава, ако в боята няма органични материали [25]. Изглежда частиците на пигмента съдействат за образуването на сажди чрез механизъм на трансфер на енергия.

Крапакът променя цвета си от червен в бял при всички дължини на вълната на Nd:YAG с изключение на $\lambda = 1064 \text{ nm}$, където прагът е по-висок. Не може да се даде химично обяснение.

Куркуминът практически не се повлиява от УВ лазерно лъчение (248 nm) при нисък интензитет ($0,11 \text{ J/cm}^2$) [25]. Обаче, при по-висок интензитет ($0,4 \text{ J/cm}^2$), пигментът слабо се обезцветява.

7.4. Тестове с моделни образци

Преди да се пристъпи към почистване на конкретна картина обикновено се правят предварителни тестове върху реплики (моделни образци). Експериментите с цел съставяне на протокол се извършват върху тези изкуствено създадени образци, симулиращи възможно най-точно реалните картини. Всяка категория има своите особености по отношение на основи, материали, метод на изработване, следвайки традиционни технологии. Основите са главно дървени плоскости или платно. Различни пигменти се използват в бои, положени многослойно. За симулиране на стара картина пробите се сушат и състаряват изкуствено в продължение на десетина месеца при контролирана температура, влажност и особено – осветление. Интензитетът на лъчението и броят на импулсите се оценяват за всеки слой боя преди да започне третирането на повърхността. Дебелината на слоя за отстраняване се определя чрез подходящ избор на параметрите на облъчването. С помощта на система от тестове се определят параметрите на лазерното лъчение, които са ключови за взаимодействието на различните живописни слоеве с лъчението и са

необходими за контрол върху процеса на почистването: максимална стойност на безопасно облъчване, прагов интензитет за промяна на цвета, праг на аблация, условия за ефективно облъчване, праг на повреждане.

При изследването на моделни образци обикновено се използват по-високи интензитети, които в реалните случаи се избягват. Условията на облъчване се определят така, че потенциално вредните ефекти да са минимални или без последствие. Контролът върху процеса на почистване достига степен, която е невъзможна при механичните и химичните методи [26]. Приготвят се голям брой моделни образци с определени характеристики (вид и брой на слоевете, дебелина, състав), имитиращи техниките на старите майстори. Диагностичния контрол се осъществява с морфологични, оптични и химични методи, като целта е да се сравнят лазерният метод и традиционните методи с използване на разтворител. Определят се праговите стойности на интензитета за всеки тип повърхнинен слой (фирнисирани или с добавени картини). Във всички случаи лазерът е полезен, само ако се използва от опитни реставратори, особено в комбинация с традиционните химични и механични начини за почистване.

7.5. Експерименти за почистване на реални картини.

Постепенното премахване на остарели слоеве фирнис, третирането на повреди от огън и отстраняването на нанесен допълнително слой боя са най-често решаваните на практика проблеми с използването на лазерна аблация, често в комбинация с конвенционални методи за почистване. С помощта на традиционни методи е изключително трудно да бъдат почистени обгорени картини. Да се постигне отстраняване на повредения слой с разтворители се оказва невъзможно, саждите навлизат в живописния слой, а физически контакт също е нежелателен. Отлагането на сажди, което често е сериозен проблем за реставраторите, може лесно да се отстрани от повърхността при използване на УВ лазер. Възможността за постепенно отстраняване на горните слоеве на картината с минимално влияние върху оставащия материал разкрива нови възможности пред реставраторите. С лазерна аблация овъгленият горен слой на обгоряла боя се отстранява, разкривайки неповредени пигменти, които могат да бъдат защитени с ново покритие.

Реставриране на две картини, повредени при пожар, е описано в [28]. Първата – с обезцветяване от високата температура и сажди върху живописния слой, а втората – с отлепване на боята от основата и образуване на чупливи мехурчета. Облъчването с ексимерен лазер с $0,38 \text{ J/cm}^2$ в първия и с $0,41 \text{ J/cm}^2$ във втория случай отстранява повърхностните слоеве без да предизвиква обезцветяване. По този начин могат също да се отстранят последиците от нежелано ретуширане или запълване на дефекти при несполучлива реставрация.

В някои случаи за почистване е използван Er:YAG лазер. Той служи за плавно отстраняване на боя на яйчна основа, което е много трудно с използване на разтворители или механично.



Фигура 2. Картината на Ани Натан преди отстраняването на добавения слой (a), работен момент от отстраняването на слоя (b) и реставрираната картина (c) [27]

Nd:YAG лазер е използван за почистване на икони, опушени от свещи и кандила [26]. За целта най-подходяща се оказва $\lambda=355 \text{ nm}$ (3ω), при която пигментираните слоеве не се повреждат.

Един хистоматиен пример за отстраняване на добавени слоеве (Фигура 2) е описан в [27]. Върху гърба на маслена картина от предфутуристичния период на Джакомо Бала, представляваща букет цветя, е открит женски портрет, подписан А. Натан и датиран 1910 [28]. По всяка вероятност е рисуван от Ани Натан, ученичка на Бала и дъщеря на тогавашния кмет на Рим. Картината е покрита обширно с широки мазки боя, положена без никакви художествени намерения. Тяхното разпределение и разнообразие навеждат на мисълта, че платното е било използвано за почистване на четките по време на създаването на друга картина. Тъй като свързвателите и на оригиналния, и на добавения слой, са на липидна основа, почистването с разтворител е трудно изпълнимо и прекомерно инвазивно, и може да се разтвори не само доба-

вения слой, но и оригиналната картина. При търсенето на алтернативни методи лазерната аблация изглежда многообещаваща и с експериментирание и следващи действия се заема изследователската група с ръководител д-р Салваторе Сиано от Института по приложна физика „Н. Карара“ във Флоренция, който от години разработва лазерни системи и методики за реставрация на артефакти от исторически и художествен интерес [27].

Експериментите са извършени с Nd:YAG лазер (1064 nm) при продължителност на импулса стотици наносекунди (режим на продължителна Q -модулация – LQS), в съчетание с екстремно сложна изобразителна стратиграфия. Третирането със средни интензитети $0,5 - 0,7 \text{ J/cm}^2$ без използване на разтворители е позволило отстраняване на различни нежелани бои без да причини микроморфологични, химични или хроматични промени в оригиналния живописен слой. Нещо повече, отслабването на силите на адхезията на интерфейса между оригиналния и добавения слой, съгласно механизмите на деградация, е облагодетелствано в този случай от ефективното използване на относителната динамика, характерна за LQS режима.

(Продължава в следващия брой)

Литература

- [1] J. C. Miller (Ed.), Laser ablation: principles and applications, *Springer Series in Material Science*, **28**, Springer-Verlag, Berlin, 1994
- [2] M. Cooper (Ed.), Laser cleaning in conservation: an introduction, Butterworth Heinemann, Oxford, 1998
- [3] E. Hontzopoulos, C. Fotakis, and M. Doulgeridis, Eximer laser in art restoration, *Proc. SPIE*, **1810**, 1993, pp. 748-751
- [4] C. Fotakis, Lasers for art's sake, *Optics and Photonics News*, **6 (5)**, pp. 30-35, 1995
- [5] S. Georgiou, V. Zafiropoulos, V. Tornari, and C. Fotakis, Mechanistic aspects of eximer laser restoration of painted artworks, *Laser Physics*, **8 (1)**, 1998, pp. 307-312
- [6] A. D. Zweig and T. F. Deutsch, Shock waves generated by confined XeCl excimer laser ablation of polyimide, *Appl. Phys. B*, **54 (1)**, 1992, pp. 76-82
- [7] R. Bordalo, P. Morais, H. Gouveia, and C. Joungh, Laser cleaning of easel paintings: an overview, *Laser Chemistry*, vol. **2006**, Article ID 90279
- [8] S. Preuss, M. Spath, Y. Zhang, and M. Stuke, Time resolved dynamics of sub-picosecond laser ablation, *Appl. Phys. Lett.*, **62 (23)**, 1993 p. 3049
- [9] W. Kautek, S. Pentzien, J. Krüger, and E. König, Lasers in the conservation of artworks I, *Restauratorblätter*, (Special Issue), (Eds.) W. Kautek and E. König (Mayer & Comp., Wien, 1997) p. 69

- [10] V. Zafiropulos, Laser ablation in cleaning of artworks, in Optical Physics, Applied Physics and Material Science: Laser Cleaning, B.S. Luk'Yanchik (Ed.), World Scientific, Singapore, 2002, pp. 343-392
- [11] R. Teule, H. Scholten, O. F. van den Brink, R. M. A. Heeren, V. Zafiropulos, R. Hesterman, M. Castillejo, M. Martín, U. Ullenius, I. Larsson, F. Guerra-Librero, A. Silva, H. Gouveia, M.-B. Albuquerque, Controlled UV laser cleaning of painted artworks: a systematic effect study on egg tempera paint samples, *Journal of Cultural Heritage* **4** (2003), pp. 209s–215s
- [12] S. Georgiou, V. Zafiropulos, D. Anglos, C. Balas, V. Tpornari, and C. Fotakis, Excimer laser restoration of painted artworks: procedures, mechanisms and effects, *Appl. Surf. Sci.*, **127-129**, 1998, pp. 738-745
- [13] M. Chappé, J. Hildenhagen, K. Dickmann, and M. Bredol, Nd:YAG laser with wavelengths from IR to UV (ω , 2ω , 3ω , 4ω) and corresponding applications in conservation of various artworks, *J. Cultural Heritage*, **4** (1), pp. 264s-270s, 2003
- [14] S. Klein, F. Fekrsanati, J. Hildenhagen, K. Dickmann, H. Uphoff, Y. Marakis and V. Zafiropulos, Discoloration of marble during laser cleaning by Nd:YAG laser wavelengths, *Appl. Surf. Sci.* **2001** (171), pp. 242–251
- [15] S. Siano, J. Agresti, I. Cacciari, D. Ciofini, M. Mascalchi, I. Osticioli, and A. A. Mencaglia, Laser cleaning in conservation of stone, metal, and painted artifacts: state of the art and new insights on the use of the Nd:YAG lasers, *Appl. Phys. A*, **106**, 2012, pp. 419–446
- [16] A. Andreotti, W. P. Brown, M. Camaiti, M. P. Colombini, and A. DeCruz, Diagnosis of materials and effectiveness of Er:YAG laser cleaning as complementary treatment in a panel painting attributed to Lluís Borrassà (Fifteenth Century), *Appl. Phys. A*, **122**, 2016, pp. 122, 572
- [17] L. P.-Pardo, C. Korenberg, The use of erbium lasers for the conservation of cultural heritage. A review, Author links open overlay panel *Journal of Cultural Heritage*, **31**, May–June 2018, pp. 236-247
- [18] E. R. De la Rue, Photochemical and thermal degradation of films of dammar resin, *Studies in Conservation*, **33**, 1988, pp. 53-70
- [19] J. H. Scholten and D. A. Schipper, Advanced workstation for controlled laser cleaning of paintings, *Proc. SPIE*, **4402**, 2001, pp. 121-129
- [20] P. R. Morais, H. Gouveia, I. Apostol, V. Damian, F. Garoi, I. Iordache, M. Boian, D. Apostol, J. A. R. Campo, and P. Galli, Laser beam in the service of paintings restoration, *Romanian Reports in Physics*, **62** (3), 2010, pp. 678-686
- [21] M. Castillejo, M. Martín, M. Oujja, J. Santamaría, D. Silva, R. Torres, V. Zafiropulos, O. F. Van den Brink, R. M .A. Heeren, R. Teule, and A. Silva, Evaluation of the chemical and physical changes induced by KrF laser irradiation of tempera paints, *Journal of Cultural Heritage*, **4** (1), 2003, pp. 257-263

- [22] V. Zafiropulos, T. Stratoudaki, A. Manousaki, K. Melesanaki, and G. Orial, Discoloration of pigments induced by laser irradiation, *Surface Engineering*, **17**, 200, pp. 249–253
- [23] R. Bordalo, P. J. Morais, C. R. T. Young, L. F. Santos, and R. M. Almeida, Characterization of laser-induced physical alterations of pigment oil layers, *Preservation Science*, **9**, 2012, pp. 47-59
- [24] M. H. Abraham, S. Scheerer, O. Madden, F. Adar, Laser-induced chemical changes in art materials, *Proc. SPIE*, **4402**: Techniques and Systems in Art Conservation, 2001, p. 68
- [25] P. Bracco, G. Lanterna, M. Matteini, K. Nakahara, O. Santani, A. de Cruz, M. L. Wolbarsht, Ed Adamkiewicz, and M. P. Colombini, Er:YAG laser: an innovative tool for controlled cleajning of old paintings: testing and evaluation, *J. Cultural Heritage*, **4** (1), 2003, pp. 202-208
- [26] J. M. Teule, U. Ullenius, I. Larsson, W. Hesterman, O. F. Van den Brink, R. M. A. Heeren, and V. Zafiropulos, Controlled laser cleaning of fire-damaged paintings, *Proc. ICOM-CC: 13th Triennial Meeting*, Rio de Janeiro, 22-27 September, 2002, pp. 252-256
- [27] S. Siano, I. Osticioli, A. Pavia, and D. Ciofini, Overpaint removal from easel paintings using a LQS Nd:YAG laser: The first validation study, *Studies in Conservation*, **60** (1), 2015, pp 49-57
- [28] D. Ciofini, I. Osticioli, A. Pavia, and S. Siano, Removal of overpaintings from easel paintings using LQS Nd:YAG laser, *Applied Physics A*, **117**, 2014, pp. 341–346

LASER METHODS IN RESTORATION AND CONSERVATION OF EASEL PAINTING (PART III)

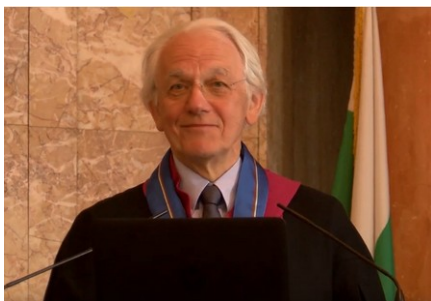
Mariana Kuneva

This part of the paper is on the most popular laser method for processing works of easel painting – cleaning. The effects of laser radiation on varnishes, binders and pigments, are described.

„ДОКТОР ХОНОРИС КАУЗА“ ЗА НОБЕЛОВИЯ ЛАУРЕАТ ПРОФ. ЖЕРАР МУРУ

Нобеловият лауреат по физика за 2018 г. – проф. Жерар Муру – бе удостоен с почетното звание „Доктор хонорис кауза“ на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ на тържествена церемония, която се състоя на 26 февруари в Аулата в Ректората. Предложението за удостояването с почетното звание на най-старото българско висше училище е на Физическия факултет. Церемонията бе открита от декана на Физическия факултет проф. д.фз.н. Георги Райновски, който представи проф. Жерар Муру.

Проф. Муру произнесе академично слово на тема „В търсене на екстремна светлина и приложенията ѝ“ (*Searching for extreme light and application*).



Професор Жерар Муру беше удостоен и със званието „Доктор хонорис кауза“ на Българската академия на науките за постиженията му в областта на лазерните науки и технологии на церемония, която се проведе на 25 февруари в зала „Марин Дринов“ на Българската академия на науките. Там той изнесе лекция на тема: „Страстта за екстремна светлина и приложението ѝ в полза на човечеството“.

През 2018 г. Жерар Муру заедно с Артър Ашкин и Дона Стрикланд получи Нобелова награда за физика за преломни открития в областта на лазерната физика. Той стои в основата на изобретяването на метод за усилване на свръхкъси лазерни импулси, позволяващи достигане на безпрецедентни мощности и интензитети на светлинните полета. Повече по тази тема можете да прочетете в брой 4 от 2018 г. на „Светът на физиката“.

Лазерът със свръхмощни импулси може да генерира огромно количество енергия, която е 1000 пъти повече от тази, произвеждана от Световната енергийна мрежа. Това каза по време на лекцията си Нобеловият лауреат по физика за 2018 г.

Проф. Жерар Албер Муру е световноизвестен френски физик, роден на 22 юни 1944 г. в Албервил. През 1967 г. получава бакалавърска степен по физика в Гренобълския университет. През 1970 г. завършва и Университета

„Париж – VI: Пиер и Мария Кюри“, където три години по-късно защитава докторска дисертация.

Проф. Жерар Муру е работил през голяма част от живота си в Съединените щати. Работи в Лабораторията за приложна оптика в Палезо, в Рочестърския университет и в Мичиганския университет, след което за няколко години оглавява Лабораторията за приложна оптика. Дейността му е главно в областта на лазерната оптика и физиката на електричните полета. През 2005 г. той се връща във Франция и става директор на Лабораторията по приложна оптика в *Ecole Polytechnique*.

Проф. Муру има огромен принос за ускоряването на изследванията в областта на физиката на лазерите в Европа, създавайки проекта „Инфраструктура Екстремна Светлина“ (*Extreme Light Infrastructure – ELI*). Тази инфраструктура понастоящем се състои от три изследователски центъра с екстремно мощни лазери, изградени в Чехия (Прага), Румъния (Мъгуреле) и в Унгария (Сегед).

Сътрудничеството със специалисти от Физическия факултет датира от съвместните му работи с вече покойния проф. Соломон Салтиел в *Ecole Polytechnique* около 2000 г. Впоследствие, през 2007 г., след обявяването на проекта *ELI*, именно във Физическия факултет в Лабораторията по фемтосекундна фотоника, бе проведена първата работна среща по проекта. Проф. Муру възложи на българския екип, воден от проф. Салтиел, отговорната задача да избере местата, където да бъдат построени споменатите три изследователски центъра. Това е несъмнено международно признание за ролята на Софийския университет в този проект като представител в консорциума на страната-съосновател.

Малко са световноизвестните учени – Нобелови лауреати, които така активно да работят за включване на България и институти на БАН в европейските научноизследователски структури. Проф. Муру е един от тях, подчерта в представянето си председателят на БАН акад. Юлиан Ревалски. Един от най-значимите приноси на проф. Муру за развитието на лазерната физика в Европа и в България е създаването на проекта *ELI*.

След церемонията проф. Муру обсъди с ръководителите на българския консорциум на *ELI-ERIC-BG* (*ERIC – European Research Infrastructure Consortium*), в който участват Институтът по електроника на БАН, Институтът по физика на твърдо тяло на БАН и Физическият факултет на Софийския университет „Климент Охридски“ и д-р Милена Дамянова, директор на Дирекция „Наука“ в Министерството на образованието и науката, бъдещото участие на България в този важен международен проект.

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

НАГРАДАТА ЗА ПРОБИВ ВЪВ ФУНДАМЕНТАЛНАТА ФИЗИКА ЗА 2019 Г.

Наградата за пробив във фундаменталната физика е основана през 2012 г. от Юри Милнър, милиардер, филантроп и меценат от руски произход, и се присъжда веднъж годишно. Понастоящем се присъжда Награда за пробив всяка година за фундаментална физика, науки за живота и математика, а специални награди се дават по всяко време. Сред основателите вече са създателят на Гугъл Сергей Брин и създателят на Фейсбук Марк Зукърбърг.



Наградният фонд е 3 млн. долара, което надхвърля повече от 2,5 пъти Нобеловата премия. Целта е да се даде признание на учени, които са направили съществен принос за човешкото познание. Тя е отворена за всички физици – теоретици, експериментатори, или занимаващи се с математична физика, които работят върху най-дълбоките тайни на Вселената. За разлика от Нобеловата награда, която може да бъде присъдена за доказани във времето открития с дори 20 – 30-годишна давност, тук отличията се дават за скорошни изключителни постижения.

Дава се също и Специална награда, която за разлика от годишната не се ограничава до най-нови открития и може да бъде присъждана по всяко време като признание за изключително научно постижение.

Юри Милнър е завършил Физическия факултет на Московския държавен университет през 1985 г. и работи 5 години във Физическия институт на Академията на науките, където негов ръководител е бъдещият Нобелов лауреат Виталий Гинзбург. Юри преценява, че не притежава особен талант. И заминава за САЩ, където получава образование в областта на бизнеса.

„Когато говорим за големите произведения на човешкото въображение, често имаме предвид изкуството, музиката и литературата“, казва Юри Милнър. „Но някои от най-дълбоките и красиви творения са тези на учените. Супергравитацията вдъхновява физиците от десетилетия и може да съдържа дълбоки истини за същността на реалността“.

Премииите се връчват ежегодно на тържествена церемония в Маунтин Вю, Калифорния. През годините водещи са били Морган Фрийман, Сет Мак-Фарлейн и Кевин Спейси. Съорганизатор на церемонията е списанието *Vanity Fair* в пряко предаване по телеканала *NatGeo*. Идеята е да се представят достойните за награда във физиката – учените да станат популярни като холивудските звезди за вдъхновение на младото поколение.

Носителите на Специална награда за пробив във фундаменталната физика през 2018 г. включват Джослин Бел-Бърнел (*Jocelyn Bell-Burnell*), бивш президент на Физическия институт, който издава *Physics World*, за откриването на пулсарите и 1015 учени и инженери, допринесли за детектирането на гравитационните вълни.

На 6 август 2019 г. в Сан Франсиско беше обявена Специалната награда за пробив във фундаменталната физика за „изобретяването на супергравитацията“ – теория, която се опитва да обедини всички фундаментални сили. Лауреатите, трима „привърженици“ на „супергравитацията“, получават наградата на стойност 3 млн. долара.



Победителите (отляво надясно: Петер ван Нойвенхюйзен, Серджо Ферара и Даниел Фридман

Теоретикът Серджо Ферара (*Sergio Ferrara*) от Лабораторията по физика на елементарните частици в ЦЕРН, Даниел Фридман (*Daniel Freedman*) от MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) и Станфорд (*Stanford University*) и Петер ван Нойвенхюйзен (*Peter van Nieuwenhuizen*) от Университета в Стони Брук (*Stony Brook University*) си поделиха награда за изследвания, проведени през 1970-те, които обединяват Общата теория на относителността (ОТО) и суперсиметрията. Обаче това съобщение беше посрещнато с присмех от мнозина, които считат, че толкова престижна награда във физиката не бива да се присъжда на една спекулативна теория, която не е била доказана експериментално.

В началото на 70-те години физиците бяха вече обединили електромагнитното, слабото и силното взаимодействия чрез знаменития Стандартен модел на елементарните частици, но гравитацията остана неуловима. По същото време теоретици, работещи в областта на квантовата теория на полето, откриха, че безкрайностите, които се получават в техните опити да обединят и гравитацията, често изчезват, ако всяка частица се окаже придружена от „партньор“ със спин, който се различава с полуцял множител на $\hbar/2\pi$. След това те постулираха универсална „суперсиметрия“ между фермиони и бозони, но беше под въпрос, дали това може да се приложи върху гравитацията.

Тогава Ферара, Фридман и ван Нойвенхуйзен атакуваха проблема. Триото създаде теорията за частица със спин 2 – гравитон – с поле със спин 3/2 като негов суперсиметричен партньор. Когато направиха сметки с компютър, се установи, че действително са конструирали последователна полева теория, която обединява ОТО със суперсиметрията във всяка точка на пространство-времето.

Триото публикува статия на 15 юни 1976 г. (*Phys. Rev. D13, 3214*) и два месеца по-късно Фридман и ван Нойвенхуйзен я последваха със своята нова теория в (*Phys. Rev. D14, 912*). Идеята предизвика бум и доста други теоретици се хвърлиха в супергравитацията. Сега супергравитацията се счита за граница на суперструните при ниски енергии. Това даде нов подтик на теоретиките към суперструните, които се смятат за преобладаваща насока за обединение на физиката.

„Откриването на супергравитацията беше началото на включване на квантови променливи в описанието на динамиката на пространство-времето“, отбелязва Едуард Уитън (*Edward Witten*) от Института за авангардни изследвания (*Institute for Advanced Study*) в Принстън, който председателстваше 29-членния комитет по присъждане на наградата. „Изумително е, че уравненията на Айнщайн допускат обобщението, познато като супергравитация“. Супергравитацията се базира на принципа на симетрия – симетрия между бозонни и фермионни полета. Тази симетрия може да бъде приложена само, ако пространство-времето е изкривено – т.е., ако присъства гравитация. Ако суперсиметрията бъде открита, например в Големия адронен колайдер (*Large Hadron Collider – LHC*) в ЦЕРН, много модели ще трябва да включват и супергравитацията. Обаче, въпреки че колайдерът в ЦЕРН натрупа голямо количество данни за последните няколко години, няма и следа от суперсиметрия.

„Провалили се идеи“

Отсъствието на експериментални доказателства за супергравитация и, разбира се, за суперсиметрия, накара някои да критикуват комитета за това, че дава награда за теория, която може би никога няма да има нещо общо с реалността. „Мисля, че това е решение в лоша насока“, казва Сабине Хосенфелдер (*Sabine Hossenfelder*) от Франкфуртския институт за авангардни изследвания. „Това е послание, че във фундаменталната физика връзка с наблюдаването вече не е необходима“. Тя твърди, че наградата отправя послание, че основите на физиката „вече не са наука, а в най-добрия случай смес от математика и философия, а в най-лошия са чиста фантазия“. Това кара изследователите да гонят „популярност“, за да се считат за успели. „Значимостта на наградата изпраща послание, а то носи отговорност“.

Хосенфелдер приема, че супергравитацията е оказала влияние и е довела до математически прозрения, но счита, че тази награда би трябвало да бъде

за математика. „Проблемът е, че ние нямаме причина да мислим, че само поради това, че една хипотеза е популярна и вдъхновяваща, тя има шанс да бъде правилно описание на природата“, казва тя, добавяйки, че супергравитацията е пример за „научни мехури от празни обещания“. „Общността трябва да признае провала и да помисли какво се обърка, а не да слага червило на прасе“.

Такова виждане е подкрепено от теоретика Питър Войт (Peter Woit) от Колумбийския университет, който преди беше сред критиците на Наградата за пробив. „Възможната вреда, която ме тревожеше, се случи“, каза той пред *Physics World*. „Поради нейния размер наградата привлича много внимание, генерира голям заблуждаващ обществен интерес към провалили се теоретични идеи“.

Войт счита, че фундаменталната физика е изправена пред трудни времена поради провала на идеи, които доминираха през последните 40 години. „Присъждането на огромни парични награди за тези провалили се идеи изпраща неправилно послание и прави прогреса по-труден“, казва той. Войт добавя, че един от проблемите със сегашната награда е, че в грамотата конкретно се подкрепя суперсиметрията. „Това напълно игнорира убедителните отрицателни резултати, получени на Големия адронен колайдер за суперсиметрията ... Да дадеш огромна награда за теоретична идея, която експериментите показаха, че е фалшива, е нещо, което никой не би трябвало да прави“.

Признание за идеите

На сайта на Университета в Стони Брук ван Нойвенхюйзен приема, че наградата е дадена за чисто теоретична работа. „Доказателството е налице: теорията съществува, математически всичко е ясно“, казва той. „Но не е ясно дали това е теория, описваща природата. Само когато бъдат открити суперсиметрични частици, нашата теория ще стане физическа реалност“. Тези, които бяха за наградата, също защитиха своето решение. „Аз вярвам, че е важно да признаем различните пътища, по които ние напредваме в нашето разбиране за света“, каза пред *Physics World* Дейвид Спергъл (David Spergel) от Принстънския университет – член на комитета по избора. „Ние искаме да отдадем заслуженото на експериментаторите, които поставят умни и точни опити, които поставят важни нови граници на съвременната физика, както и на теоретици, чиито идеи откриват нови възможни пътища на нашето виждане за структурата на физиката“.

Спергъл твърди, че работата по супергравитация е „трансформирала съвкупността от възможни теории и е имала дълбок ефект върху това, как хората изучават света“, добавяйки, че това, дали теорията е в крайна сметка вярна, „ще повлияе на пътя по който ще тръгнем към разбиране на физическата реалност“. Спергъл казва, че той изпитва „най-дълбоко“ уважение

към учените, които разширяват границите на технологията дори и когато няма теоретични очаквания за откритие и към теоретичите, които изследват енергии, които сега са извън обхвата на експеримента. Той би подкрепил и тези, които искат да видят наградата, дадена на други хора, за да ги номинира.

Дейвид Тонг (*David Tong*), физик-теоретик от Кеймбриджския университет, счита, че наградата е напълно заслужена. *„Развитието на супергравитацията през 70-те беше проява на висше умение и имаше огромно въздействие върху развитието на теоретичната физика“*, каза той пред *Physics World*. *„Има всепризната награда за теоретични изследвания, които са били потвърдени от експеримента – Нобеловата награда. Наградата за пробив има по-широка задача и се присъжда на физици, чиято работа е с по-голяма математическа насоченост“*. Тонг добавя, че значителна част от напредъка, който постигнахме за по-доброто разбиране на квантовата теория на полето през последните три десетилетия, се основава на супергравитацията. *„Фактът, че една идея – супергравитацията – доведе до толкова последиствия, показва нейната „интелектуална тежест“*, казва той.

Новите лауреати ще бъдат обявени на 3 ноември 2020 г. на церемония в Хангар 1 на НАСА, където ще бъдат почетени и носителите на Годишната награда за фундаментална физика.

<https://physicsworld.com/a/breakthrough-prize-criticized-for-rewarding-failed-ideas/>

<https://phys.org/news/2019-08-trio-supergravity-breakthrough-special-prize.html>

Подбор и превод: **Бойко Георгиев**

2019 SPECIAL BREAKTHROUGH PRIZE IN PHYSICS

Three proponents of „supergravity“ – a theory that attempts to unify all the forces of nature – have been awarded with a Special Breakthrough Prize worth \$3 million. Theorists Sergio Ferrara from the CERN particle-physics lab near Geneva, Daniel Freedman from the Massachusetts Institute of Technology and Stanford University, and Peter van Nieuwenhuizen from Stony Brook University, share the prize for work they carried out in the 1970s that unifies general relativity and supersymmetry. The announcement, however, has been met with derision by some who say that such a high-profile physics prize should not go to a speculative theory that has not been tested experimentally.

Selection and translation: **Boyko Georgiev**

ПРОЕКТ „ФИЗИКА ЗА ВСЕКИ“

От началото на декември 2019 г. Съюзът на физиците в България работи по проект „Физика за всеки“, финансиран от Съвета на Европейското физическо дружество (ЕФД).

Целта на проекта е да допринесе за увеличаване популярността на физиката и укрепване на връзките ѝ с обществото. Бенефициенти от дейностите по проекта са ученици от всички степени на образованието, учители, студенти, преподаватели във висши училища, учени, родители, представители на местната общност и медиите, т.е. проектът предлага „физика за всеки“.

Проектът предвижда осъществяване на дейности по разпространение и популяризиране на физични знания, които имат значение за развитието на науката и миогледа на младото поколение, за приложения на физиката в иновативните технологии и за развитието на обществото. Дейностите се организират от Съюза на физиците в България, като се предвижда да се изпълняват на различни нива и в различни партньорства. В училищата учители по физика организират и провеждат извънкласни занимания като:

- *Експерименти за най-малките* с цел създаване на интерес към предмета на физиката, които да се споделят с приятели и родители.
- *Състезания, конкурси, конференции, беседи, срещи с учени-физици и др.*, целящи задълбочаване на интереса към учебния предмет – физика, и към научните достижения в тази област.

Описани от учителите проведени дейности, подкрепени със снимков материал, се качват на сайта на проекта. Това ще ни позволи в края на проекта да подготвим един набор от дейности, свързани с физиката, подходящи за различните възрасти ученици. Чрез медийните ни партньори, сайта на проекта и групи във фейсбук този набор от дейности ще се върне в училищата и ще може да бъде използван от всички желаещи учители.

СФБ ще подготви и проведе национални събития под надслов „**От учители за учители**“, по време на които ще бъдат представени положителни практики в извънкласната дейност по физика.

Проектът ще даде възможност да се разширят обхватът и тиражът на нашия партньор – списанието „Светът на физиката“. В него ще бъде открита нова рубрика „Форум на учителите“. Ще продължи и провеждането на лекторията „Светът на физиката на живо“, в рамките на която известни учени провеждат беседи по важни и актуални теми от областта на физиката, които се публикуват в списанието.

За повече подробности по проекта посетете неговия сайт:

<http://upb.phys.uni-sofia.bg/projects/phforall/index.html>.

РАЗРАБОТКА СЕ НОВА НАЦИОНАЛНА НАУЧНА ПРОГРАМА ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Научноизследователски колективи от Софийския университет „Св. Климент Охридски“, други висши училища в страната и Българската академия на науките (БАН) готвят с общи усилия Национална научна програма в областта на космическите изследвания. Според учените това е твърде необходим финансов инструмент, който да вдъхне жизнеспособност на сектора.

Програмата има за цел да консолидира усилията на отделни изследователи и да формира основата за изграждане на модерен сектор в тази област, така че страната ни бързо да преодолее изоставането си и да възстанови статута си на иноватор в космическите технологии.

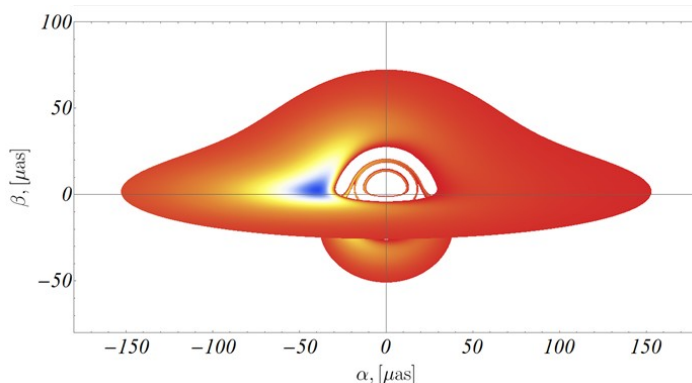
В последните десетилетия страната ни значително е свила обема на научноизследователската и приложна продукция в областта на космическите изследвания. Контрастът е особено ярък в сравнение с 80-те години на миналия век, когато България беше сред малкото страни, извели космонавти в орбита, участвали в амбициозни космически мисии до Венера и Марс и успешно приложили последните достижения на микроелектрониката в космическата среда.

Новите тенденции за разработка на все по-компактни електронни и механични компоненти отварят възможности България да навакса своето изоставане. У нас съществуват няколко компании и институции, способни да разработват и произвеждат подобни компоненти. В същото време, възможностите за използването на космическите изследвания и технологии в ежедневието остават все още недооценявани и в резултат на това извън националните приоритети. Липсва целенасочено финансиране, което да даде тласък за развитието на сектора. Необходима е подготовката на нови кадри в областта, за да може България да догони страните с развита космическа индустрия и пълноценно да участва в международни проекти. *„Ключови за едно такова усилие ще са университетите и научните центрове, които ще създадат кадри с изключително ценни умения“*, казва доц. Стефан Лалковски от Физическия факултет на Софийския университет, един от подготвящите програмата. *„При успешни и последователни мерки, България има възможност да възвърне мястото си на водеща или най-малкото на разпознаваема космическа страна“*.

Космическият сектор ще нараства и в следващите две десетилетия ще достигне 1,1 трлн. долара според анализаторите от „Морган Стенли“. Отварянето на сектора към частни компании създава предпоставка за създаване на нови бизнеси с висока добавена стойност. Без съмнение държавите, които

откликнат навреме на тези тенденции, ще бъдат и водещите икономики на новото хилядолетие. В този смисъл залогът наистина е голям.

В българската Национална научна програма се предвижда стимулиране на няколко направления, в които България има потенциал за развитие към момента. В областта на фундаменталните изследвания има натрупана експертиза във физиката на черните дупки, неутронните звезди, ефекта на гравитационната леща, космичното неутрино, прогнозиране на космическото време и космическата радиация. Добър пример за състоянието на българските изследвания представлява ръководената от проф. Язджиев група, която участва и в международния научноизследователски проект „*The multi-messenger physics and astrophysics of neutron stars*“ на програма PHAROS, за който ще разкажем в следващ брой на списание „Светът на физиката“. Групата има дългогодишен опит в изследване на компактни обекти и в частност черни дупки. Резултати от изследванията им са показани на приложената фигура, от която се вижда, че в околност на някои видове масивни компактни обекти като черните дупки, голите сингулярности или пространствено-времевите тунели може да съществуват кръгови устойчиви орбити на масивни частици, които формират акреционен диск. Програмното предложение, изготвено по инициатива на изследователи от Физическия факултет на СУ, има за цел именно насърчаване на такива активни екипи, изграждане и стимулиране на връзките между изследователи от различни университети и институти в страната, което е добра предпоставка за експанзия на сектора в България. Очевидно, за да бъдат постигнати тези цели обаче програмата трябва да достигне до по-широка група от изследователи от София и страната.



Компютърната симулация показваща разпределения на плътността на излъчената електромагнитна енергия от акреционен диск формиран около голя сингулярност от перспективата на отдалечен наблюдател. (Източник: д-р Г. Гюлчев)

Програмата предвижда и разработването на нови технологии с приложение в космическата индустрия: нови материали, детектори на йонизиращо

лъчение, нови задвижващи системи за спътници, антени и комуникации в рояци от спътници. Ще бъдат разработени нови методи за по-ефективно използване на информацията от спътниците за наблюдение на Земята: мониторинг на качеството на въздуха и водите, прецизно земеделие в помощ на селското стопанство, реалистични модели на земния релеф.

Много важна част от Програмата е образователната дейност, която ще бъде насочена към практическо обучение на млади хора: програмиране на наноспътник, наземна студентска станция, симулатор на полети и др.

Назрял е моментът държавата да обърне внимание на проблемите в сектора на космическите изследвания и да инвестира в съживяването му, категорични са учените. Това ще постави България в далеч по-изгодна стратегическа позиция в близко бъдеще.

За повече информация: <http://www.bulgarianspace.online>

клон „Космос“ към СФБ

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

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

GSI – ВЪЗОБНОВЯВАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНАТА ПРОГРАМА

Стефан Лалковски

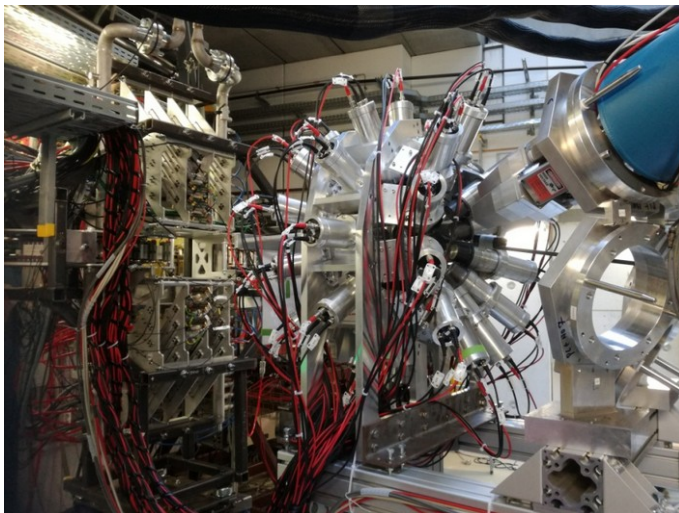
В първата седмица на март в *GSI (GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung)*, се проведе поредната годишна *NuSTAR* конференция. Новината от тазгодишната среща е, че след почти десетгодишно затишие експерименталната програма на *GSI* е възстановена и първите експерименти от т.нар. „Фаза 0“ ще бъдат проведени. Научната програма на колаборацията *NuSTAR (Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions)* ще започне през април 2020 г. с експерименти, използващи новоизградени детекторни системи *FATIMA* и *AIDA* за *FAIR*.

GSI е ускорителен комплекс в Германия, разположен в близост до град Дармшат. Лабораторията разполага с комплекс ускорители (линеен *UNILAC* инжектор и синхротронен *SIS-18*), чрез които тежки ядра, вкл. и на ^{238}U , се ускоряват до скорости, близки до тази на светлината. Ускорените ядра се насочват към мишена посредством силни електрични и магнитни полета, където чрез ядрени реакции се получават ядра на почти всички химични елементи, познати на човечеството. Научната програма на лабораторията се задава от Програмен комитет, който одобрява (или не одобрява) предлаганите от изследователите експерименти. Това е стандартна практика за големите експериментални лаборатории, където желаното време за експерименти надхвърля многократно ресурсното време на лабораторията. Експериментите се групират в кампании според детекторните системи, които ще бъдат използвани в рамките на една кампания. Всеки от провежданите в *GSI* експеримент е уникален и цели изучаването на дадена ядрена характеристика в дадено ядро или група ядра, но характерното за всички експерименти в дадена кампания е, че използват обща експериментална установка, която чрез фини настройки може да се приспособи за конкретния експеримент. Типичният ядрено-физичен експеримент отнема между няколко дни до седмица-две. Експериментите протичат с непрекъснато набиране на данни, организирано 24 часа в денонощието, 7 дни в седмицата. Тези плътни експериментални програми изискват мобилизиране на човешки ресурс, необходим за настройка, мониторинг и контрол на експеримента. Екипите, провеждащи експерименти в *GSI*, се състоят от няколко десетки изследователи от различни образователни и научни институции и често от различни националности.

Изминаха около 10 години от последните големи експериментални кампании, провеждани в *GSI*. Оттогава Германия мобилизира ресурси в изграж-

дането на *FAIR* (*Facility for Antiproton and Ion Research*) – лабораторията – наследник на *GSI*. В рамките на проекта на стойност милиард и половина евро новата лаборатория ще разполага с нов ускорител *SIS-100*, нова система за разделяне на фрагментите и нови детекторни системи, които ще обслужват експерименталната програма на *FAIR*. Поради мащабите на проекта експериментите са разделени в четири големи групи – *PANDA*, *CBM*, *APPA* и *NuSTAR* – най-голямата от всички. За тях ще разкажем в бъдещи броеве на „Светът на физиката“. Тук ще споменем само, че в рамките на *NuSTAR* ще бъде изучена структурата на екзотични ядра, намиращи се далече от линията на бета стабилност, но имащи особена роля в реакциите, протичащи в звездните недра.

Сега, след като конструирането на *FAIR* е в разгара си, експерименталната програма на *GSI* е възобновена, при това с новото оборудване, конструирано за *FAIR*. Очаква се първите експерименти от Фаза 0 да произведат нови данни за ядра, участващи в процеса на бърз неутронен захват. Последният е от ключово значение за нуклеосинтеза на ядра, по-тежки от желязо, които се предполага, че се синтезират при избухване на свръхнови и сливане на неутронни звезди. Структурата на тези краткоживущи ядра, които се произвеждат и изучават в ядренофизичните лаборатории, са крайъгълният камък в разбирането на едни от най-екстремните процеси, протичащи в нашата Вселена.



FATIMA – системата за измерване на пикосекундни времена на живот на възбудени ядрени състояния, е инсталирана във фокалната равнина на фрагмент сепаратора в *GSI*

Рубриката в актуални новини от света на науката е подкрепена от клон „Космос“ на СФБ.

ЧЕРНАТА ДУПКА В ГАЛАКТИКА M87: ПОРТРЕТ В ИНТЕРИОР

Алексей Левин



Фигура 1. „Портрет“ на свръхмасивната черна дупка, разположена в центъра на галактиката M87, направен от участниците в колаборацията Event Horizon Telescope на базата на наблюдения, проведени през април 2017 г. при дължина на вълната 1,3 mm. Светлият пръстен представлява излъчването на акреционния диск около черната дупка. „Сянката“ на черната дупка виждаме в центъра на изображението. Отсъствието на светла ивица, пресичаща областта на сянката, се обяснява с това, че равнината на акреционния диск е почти перпендикулярна на зрителния лъч

В серия от статии, публикувани от сътрудниците на колаборацията Event Horizon Telescope (ЕНТ), е демонстриран първият „портрет“ на свръхмасивната черна дупка, която се разполага в центъра на елиптичната галактика M87. В статиите също е описано, как е било получено това изображение.

Макар че тази работа не може да се нарече грандиозен пробив, тя още веднъж потвърждава, че нашите представи за това, как е устроена Вселената, добре се съгласуват с действителността. Преди всичко става дума за Общата теория на относителността (ОТО). Астрономите видяха точно това, което очаквах да видят.

На 10 април 2019 г. едновременно в няколко страни по едно и също време се проведеха шест предварително обявени пресконференции на участниците в Международната научна колаборация ЕНТ. Тя е основана през 2014 г. по инициатива на астрофизиците Хайно Фалке (Heino Falcke) от Университета Радбуд, Германия, Сера Марков (Sera Markoff) от Астрономическия институт на Амстердамския университет, техния харвардски колега и в момента директор на проекта Шепард Дулеман (Sheperd Doeleman) и други изследователи от различни страни. За пет години колаборацията значително се разшири и в момента включва над 200 участника.

Колаборацията *ЕНТ* е създадена за получаването на подробна радиоастрономична информация за свръхмасивните черни дупки, скрити в централните зони на повечето галактики. В момента по този проект работят единайсет обсерватории, разположени на различни континенти. През април 2017 г. *ЕНТ* направи мониторинг на компактния радиоизточник Стрелец А* (Sgr A*), разположен в центъра на нашата Галактика, който представлява черна дупка с маса около 4 млн. слънчеви маси. Беше изследвано и ядрото на гигантската елиптична галактика М87 от съвездието Дева, където се намира черна дупка с маса, равна на няколко млрд. слънчеви маси.

Две години по-късно членовете на колаборацията публикуваха окончателния резултат от анализа на наблюденията на галактиката М87. Те представиха пред широката общественост ефектно изображение на „сянката“ на черната дупка, която се намира в центъра на тази галактика (Фигура 1). *Astronomical Journal Letters* публикува с отворен достъп шест статии, съдържащи получените данни и описание на начина на тяхната обработка.

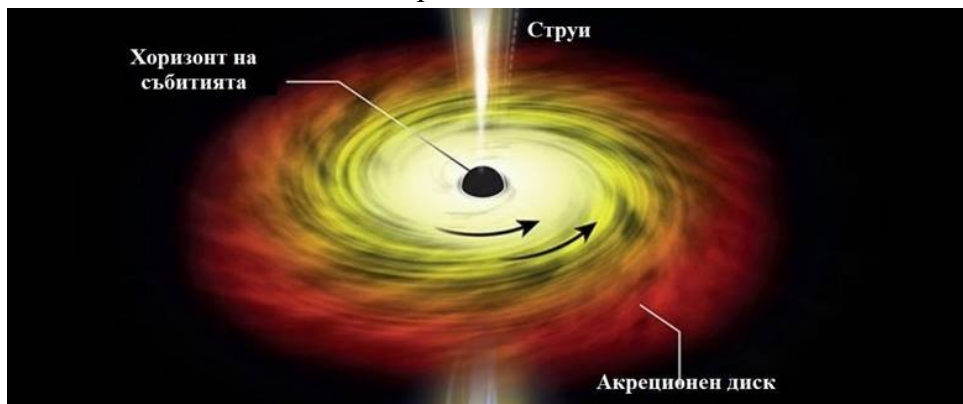
На пресконференция във Вашингтон на един от докладчиците беше зададен въпрос, ще доведат ли получените резултати до напредък в изследването на тъмната материя и до решаването на други важни проблеми на науката за Вселената. Отговорът беше определено отрицателен. Наистина получените от колаборацията *ЕНТ* резултати са триумф както на най-новите методи за провеждане на радиоастрономични наблюдения и на анализ на получените резултати, така също и на усъвършенстването на методите за организиране на мащабни изследователски проекти. Но тези резултати с нищо не обогатяват нашето разбиране за физиката на Космоса. Публикуваните изображения съвсем не са дългоочакваното доказателство за съществуването на черни дупки. Това отдавна не се подлага на съмнение. Членовете на колаборацията *ЕНТ* получиха точно това, което се очакваше да получат, т.е. това, което се предсказва от ОТО, физиката на релятивистката плазма и радиофизиката.

Това обстоятелство, разбира се, ни най-малко не намалява значимостта на постижението. Няма съмнение, че развитието на проекта *ЕНТ* обещава в бъдеще да бъдат получени множество ценни резултати. Напълно е възможно някои от тези бъдещи резултати да бъдат и напълно неочаквани.

Но нека да започнем от самото начало. Най-простата черна дупка представлява физическа реализация на исторически първото получено точно решение на уравненията на ОТО, описващи гравитацията на точкова маса. Това решение е получено през 1916 г. от немският астроном Карл Шварцшилд (*Karl Schwarzschild*). Черната дупка на Шварцшилд се характеризира само с един параметър – масата. Тя би могла да се образува в резултат на гравитационен колапс на невъртяща се масивна звезда. Такива звезди практически няма и затова реалните черни дупки, получени в резултат на гравитационен колапс, притежават още и орбитален момент.

В рамките на ОТО метриката на пространство-времето в близост до такива дупки е изчислил новозеландският математик Рой Кер (*Roy Kerr*) през 1963 г. Метриката на Кер в много отношения е по-сложна от метриката на Шварцшилд. Свръхмасивните черни дупки, които възникват в резултат на сливането на дупки с по-малка маса и поглъщането на вещество от околното пространство, също притежават орбитален момент.

Трябва да се отбележи, че такива стълкновения се случват, макар и рядко, и в нашата епоха при стълкновението на две галактики. Например през септември 2017 г. се появи съобщение, че в центъра на откритата през 1830 г. спирална галактика NGC7674 в съзвездие Пегас, отдалечена от Млечния път на 400 млн. светлинни години, има две черни дупки с обща маса 40 млн. слънчеви маси. Те се въртят около общ център на разстояние една от друга, равно на една светлинна година, извършвайки един оборот за 100 хил. години. Това свидетелства, че NGC7674 е възникнала при стълкновението на две галактики – предшественички. С времето тези две черни дупки ще се слейт в една, обединявайки масите си и орбиталните си моменти.



Фигура 2. Гравитацията на черната дупка привлича газ и прах от околното пространство, които бясно се въртят спирално навътре, т.нар. акреционен диск. Акреционният диск е нажежен до хиляди градуси и излъчва светлина. Хоризонтът на събитията е въображаема сферична повърхност, ограждаща цялата маса на черната дупка. Всичко, попадащо зад хоризонта на събитията, изчезва за външния наблюдател защото светлината не може да излезе отвъд тази граница. Струите са потоци от частици, движещи се с релативистки скорости, изхвърлени по протежение на оста на диска

Черната дупка не е нито вещество, нито излъчване. Би могло да се каже, че това е самоподдържащо се гравитационно поле, концентрирано в силно изкривена област на пространство-времето. Външната граница на дупката се задава от затворена повърхност, наречена хоризонт на събитията (Фигура 2). За Шварцшилдова дупка хоризонтът на събитията представлява правилна сфера, а за дупки на Кер тя е сплесната в полюсите.

Физическият смисъл на хоризонта на събитията е много нагледен. Светлинен сигнал, изпратен от неговата външна околност, все още може (но не винаги) да отиде в безкрайност. А сигнали, изпратени от вътрешната област, са обречени да си останат там. Хоризонтът е пространствената граница между събитията, които могат да станат известни на външен наблюдател, и събития, информацията за които при никакви обстоятелства не може да излезе навън. На хоризонта на събитията втора космическа скорост е равна на скоростта на светлината.

Наименованието черна дупка отразява свойството на този обект да погълща цялата светлина, която достига до хоризонта на събитията, без да отразява част от нея, подобно на абсолютно черното тяло от термодинамиката. В центъра на дупката съществува сингулярност. Тук според ОТО пространство-времето има безкрайна кривина, т.е. гравитацията става безкрайно силна.

А сега за най-важното. Метриката на пространство-времето отвъд хоризонта на черната дупка определя както движението на материалните тела, така също и разпространението на електромагнитните вълни. Затова тя може да се изучава като наблюдаваме орбитите на тези тела и пътищата на светлинните лъчи в околността на дупката. Подобни наблюдения позволяват на пример да се определи хоризонта на събитията и това именно са направили участниците в колаборацията *ЕНТ*.

Много далеч от хоризонта гравитацията на дупката не изкривява псевдо-Евклидовата метрика на пространство-времето, предписана от Специалната теория на относителността. Но при приближаване към дупката започват изненадите. Да допуснем, че някъде в пространството се намира наблюдател с лазерен излъчвател, който генерира силно насочен лъч светлина. Ако наблюдателят е далеч от дупката (на разстояние много по-голямо от напречния размер на хоризонта на събитията), то всички излъчени от наблюдателя светлинни лъчи ще отидат в безкрайност по права линия, с изключение на лъчите, които попадат в телесен ъгъл, под който наблюдателят би виждал хоризонта, ако той беше твърдо тяло. При приближаване на наблюдателя към хоризонта този телесен ъгъл се разширява отвъд границите на хоризонта и в края на краищата обхваща цялото пространство. Това означава, че фотоните, излъчени близо до хоризонта, ще отидат в безкрайност по една силно изкривена траектория или ще се погълнат от дупката. В това се състои главната особеност на изкривеното пространство-време около една черна дупка.

Да разгледаме отначало метриката на Шварцшилд. На всеки фотон, излъчен от голямо разстояние по посока на дупката, може да се съпостави неговият прицелен параметър, т.е. минималното разстояние, на което фотонът би се приближил до нейния център, ако се движеше по права линия в Евклидово пространство. Ако прицелният параметър е по-голям от $\sqrt{27} R_s/2$, т.е. приблизително $2,6 R_s$, където R_s е радиусът на хоризонта на събитията, то фо-

тонът може да избегне гравитационния плен. Наистина, ако прицелният параметър не е много по-голям от тази стойност, пътят на фотона към безкрайност ще се окаже далеч от правата линия. В обратния случай фотонът ще пресече хоризонта на събитията и ще попадне в черната дупка. При строго равенство на прицелния параметър и $\sqrt{27} R_s/2$ фотонът ще стане временен спътник на черната дупка, въртейки се около нея по нестабилна кръгова орбита. Затова величината $\sqrt{27} R_s/2$ се нарича радиус на поглъщане на фотоните. С толкова проста формула той се определя само за метриката на Шварцшилд. В случая на метрика на Кер радиусът на поглъщане на фотоните е свързан с хоризонта на събитията по по-сложен начин.

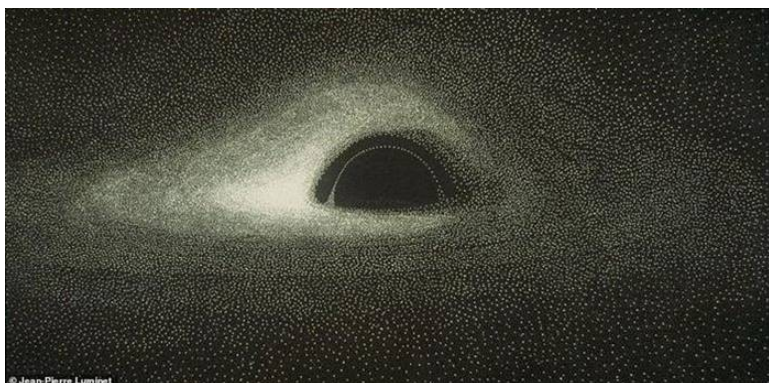
Трябва да се отбележи, че в случая на реална свръхмасивна дупка, разположена в центъра на галактика, поглъщането на фотони се отклонява от случая на Шварцшилдова метрика само с няколко процента.

Така че за да се „опипа“ една черна дупка, в нейната околност трябва да има изобилие от фотони, част от които, след всички тези изкривявания на траекторията, ще достигнат до нашата планета. За късмет на астрофизиците природата сама е решила този проблем. Много от свръхмасивните черни дупки са обкръжени от пръстени гореща плазма, т.нар. акреционни дискове. От законите на електродинамиката следва, че те излъчват мощно синхротронно лъчение. Често от плазмата, обграждаща дупката, се изхвърлят релативистки струи (*jets*) – потоци от заредени частици, движещи се със скорости, близки до скоростта на светлината. Тези струи са още един източник на фотони.

Плазменото обкръжение на вътрегалактичните черни дупки излъчва електромагнитно лъчение с различна честота – от радиовълни до рентгеново лъчение. Сумарната мощност на това лъчение варира от 10^{42} до 10^{48} erg/s. За сравнение пълната светимост на звездната популация на типична галактика е 10^{44} erg/s. Това означава, че свръхмасивните черни дупки, разположени в центровете на галактики, могат да се изучават както с радиотелескопи, така и с инфрачервена, оптична и рентгенова апаратура.

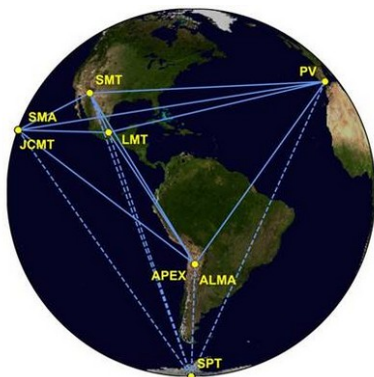
Интересно е, че резултатът, който очакваме да получим от тези наблюдения, е отдавна известен. Още през 1979 г. френският астроном Жан-Пиер Люмине (*Jean-Pierre Luminet*) доказва, че за отдалечен наблюдател повърхността на поглъщане на фотони ще изглежда като тънък светещ пръстен (при това асиметричен, с участници с различна яркост), разположен вътре в акреционния диск (Фигура 3).

Този пръстен е образуван от фотони, които са успели да напуснат кръговата орбита около черната дупка и да избягат в пространството. Изкривяването на светлинните лъчи около хоризонта води до появяването вътре в пръстена на почти сферично тъмно петно, т.нар. „сянка“ на черната дупка. Точно такава структура се вижда на изображението, получено от *ЕНТ*.



Фигура 3. Компютърно моделиране на изображението на черна дупка и на обграждащия я акреционен диск, извършено през 1979 г. от Ж.-П. Люмине. Удивителното е, че това моделиране почти във всички подробности съвпада с изображението, получено от колаборацията ЕНТ

Теорията показва, че радиусът на пръстена е пропорционален на радиуса на поглъщане на фотони, който зависи най-вече от масата на черната дупка. Това позволява да се оцени достатъчно точно масата на дупката. Така участниците в колаборацията ЕНТ са намерили, че масата на изследваната от тях черна дупка е $6,5 \pm 0,7$ млрд. слънчеви маси.



Фигура 4. Разположение на телескопите, участващи в наблюденията през 2017 г. С пълтни линии са съединени телескопите, способни едновременно да наблюдават галактиката М87

Разбира се, публикуваното изображение на околността на черна дупка не е истинска фотография, а резултат от компютърна реконструкция, направена въз основа на информацията, получена от система радиотелескопи (Фигура 4). Участниците в колаборацията ЕНТ провеждат наблюдения при дължина на вълната 1,3 mm в осем обсерватории, разположени в Чили (APEX, ALMA), Хавайските острови (SMA, JCMT), Мексико (LMT), Испания (PV), Аризона (SMT) и на Южния полюс (SPT). Тези инструменти образуват интерферомет-

рична система с много голяма база (*Very Long Base Interferometry*), която осигурява ъглова разделителна способност от 20 μ сес (дъгови). Това е достатъчно и за реконструкция на изображението на черната дупка и на нейното плазмено обкръжение, и за определянето на нейната маса.

Нека накрая представим на читателите и елиптичния звезден куп, който има честта да съдържа в себе си станалата знаменита черна дупка. Той е открит на 18 март 1771 г. от астронома от френския военно-морски флот Шарл Месие (*Charles Messier*). Месие го регистрира под номер 87 в знаменития каталог на мъглявините и звездните купове. Оттук идва и името Месие 87 или накратко М87. Тази галактика се отнася към доста рядкото семейство cD, в което влизат особено ярки галактики, които се срещат само недалеч от централните области на плътни галактически купове. М87 е разположена в центъра на съвездието Дева. Нейният диаметър е приблизително равен на напречния размер на Млечния път, но масата ѝ е сто пъти по-малка. Нейното ядро проявява висока активност, генерирайки мощно излъчване на различни честоти, макар и да не достига до нивото на квазарите. От ядрото ѝ излиза гигантска струя с дължина около пет хил. светлинни години. Така да се каже, един не съвсем обикновен жител от близката околност на нашата Галактика.

Литература

1. The Event Horizon Telescope Collaboration. First M87 Event Horizon Telescope Results. *The Astrophysical Journal Letters*, 2019, V. 875
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ab0ec7>
2. Davide Castelvecchi. Black hole pictured for first time – in spectacular detail. *Nature*, 10 April 2019
<https://www.nature.com/articles/d41586-019-01155-0>

По материали от сайта: <https://elementy.ru/>

Подбор и превод: **Динко Динев**

BLACK HOLE IN GALAXY M87: PORTRAIT IN THE INTERIOR

Alexey Levin

The first „portrait“ of a supermassive black hole, located in the center of the elliptical galaxy M87, captured people’s imagination earlier last year. The dark region in the middle isn’t actually the black hole itself, but rather the shadow of the black hole on the bright ring of material. The image will go down in history as one of the most epic photos in space science. The international group Event Horizon Telescope worked for years to accomplish this first black hole image.

Selection and translation: **Dinko Dinev**

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.

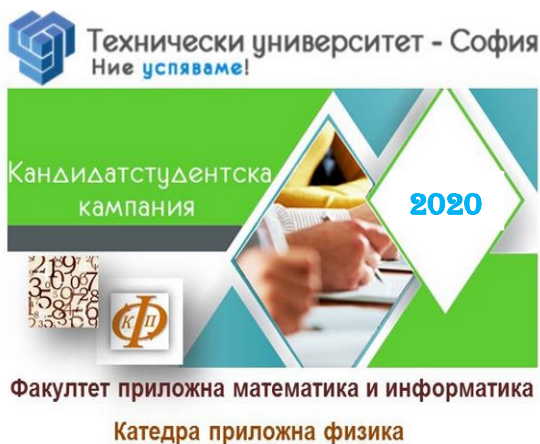


Специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“ има за цел подготвянето на специалисти, които да са свързващо звено между фундаменталните знания, научните разработки, компютърното моделиране и симулации и индустриалните им приложения. Такива специалисти имат важна роля в прилагането на иновации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

КОЛЕДНИ РАЗМИСЛИ ЗА НАУКАТА И НАУКОМЕТРИЯТА

Николай К. Витанов

Няколко уводни думи на основата на спомени отпреди много години

Казват, че когато човек започва да разказва какво е правил преди 20, 30 и повече години, вече е остарял. Явно и аз вече остарях, защото преди повече от 20 години (отиват към 30) в Германия започна историята, която ме свърза с масивното рецензиране на какво ли не, че и с организацията на науката, и с измерването на постиженията на учените. И всичко започна, когато попаднах на специализация при човека, който беше главен редактор на *Physica D*, редактор на *Journal of Fluid Mechanics* и още на множество други такива списания. Специализирах си аз механика на флуидите при него, а той имаше остра нужда от рецензенти – на ден по пощата (интернетът едва прохождаше) идваше купчина статии, висока към половин метър. И наблюдаваше големият германски професор как българският специализант си „човърка“ там теорията на турбулентността и полека напредва с материала в областта на нелинейната динамика и механиката на флуидите. Докато в един хубав ден специализантът бе привикан и му бе дадена първата статия за рецензия. Името на автора – умопомрачаващо, списанието – едното от двете споменати по-горе (няма да ви го напиша сега, че да има какво да разказвам на още по-стари години). Рецензирането се оказа доста полезно – човек научава много неща, докато се запознава с гледните точки в ръкописите на известните хора. Е, отнема време, но пък след достатъчно количество написани рецензии се получава добър специалист. Това моят германски началник добре го знаеше и след сефтето последваха още много рецензии. Ама много. Аз, като млад и глупав тогава, почнах да ги броя. Преди няколко години бройката стигна 1000 и спрях да броя. Спрях да броя, но броят на рецензиите не намаля. Та така и до днес.

След специализацията в Бавария, отидох на специализация в Саксония. Там началник беше един голям германски организатор на науката – ама много голям, дошъл от западната част на Германия, за да вдига нивото на науката в източната част. Та покрай него и ние, младоците, почнахме да поприхващаме знания и умения за това, как се организира ефективна научна система, кое къде трябва да е, кой къде трябва да е и как се измерват научните резултати. Друго си е да наблюдаваш големия майстор в действие, а той ни хвърляше по едно око и покрай другите, и на мене – и от време на време казваше, че и българската наука може пък и да има полза от знанията и опита, трупа ни от мен. И тук има много какво да разказвам на стари години.

И тъй, ето ме сега, седнал съм и си мисля как да го подхвана това за българската наука и оценката на постиженията на българските учени. Като се има наум, че цари хаос, че дори и хиперхаос, то май най-добре е да го обърна на едно шеговито изложение. Тъй ще може да кажа повечко нещо, без много хора да ми се разсърдят. А на тези, дето ще ми се разсърдят, ще кажа – е, какво пък, говоря си, не ви преча. И така, да започваме.

И тъй, започнах в Германия да пиша книга за динамиката на научните системи и наукометрията

И вместо една, се получиха две книги. Но така е там, където никой не ми пилее времето с административни неуредици. Там от мен се иска да правя наука и аз я правя. У нас се гледа денят ми да бъде запълнен с какви ли не административни глупости, които да ме отклонят от правенето на наука. И то успешно. Пък после някои се чудят, защо бягам по чужбина. Много просто – там мога да работя. Тук не мога. И след това отклонение – обратно към научните системи.

Добре знаех, че научните системи са сложни и нелинейни. Пред очите ми в Германия виждах, как тези системи се управляват правилно и се синхронизират с развойните и индустриалните системи на германското общество. Гледах и у нас какво става – „изкопаният“ отнякъде финансов министър показваше постни пици и наричаше учените феодални старци. Стандартен подход за разбиване на научно-технологичната система на една държава, на една икономическа школа, известна с огромните си провали по света. Представителите на тая школа например гордо ще ви кажат, как Пиночет ги поканил да „оправят“ Чили, обаче и дума няма да обелят, как същият този Пиночет ги изритал със шутове от Чили, като ги видял колко струват и какво правят. Та затова едната от книгите ми, посветена на научните системи, започва с бележката, че липсата на познание за специфичните свойства и еволюцията на научните структури и липсата на познание за специфичните начини на техния мениджмънт могат да доведат до концепции, политики и действия, които могат тежко да увредят структурите и системите, свързани с националните наука и иновации. Е, пише го черно на бяло, но понеже е на английски (тези неща по чужбина доста ги четат), то май нашенските научни управленци са го подминали това.

И като написах горното, реших да понапиша съвсем в началото на една от книгите, защо науката е важна. И с големи букви написах, че науката е движеща сила на позитивна обществена еволюция и че научно-технологичното развитие е довело някои страни до състояние на развити общества, а пренебрегването на науката е хвърлило други страни на опашката на развитието. Аз се постарях даже математическа теория да влезе в книгата, която показва директно какво е влиянието на фундаменталните изследвания и трансфера на научни знания за развитието на технологията и защо е важно

да инвестираш в нови (собствени) технологии. Е, заради тези математически теории хората ме уважават на запад, а тука, окупиралите телевизиите „анализатори“ ме смятат за самия Сатана. За да не ги разочаровам, на вратата на кабинета ми пише нещо, свързано с числото 666, а под него пише нещо още по-интересно. Името ми и титлите ми не ги пише на тая врата, та дано някой се обърка и не ме намери, та да ми остане време и за наука. Напразни надежди, но весело трябва да е в тази държава, то какво друго ни остана.

И тъй, дните и месеците си минаваха, а аз понаписвах нещо из книгите. Един от доста актуалните въпроси, които са засегнати там, е защо размерът на научната общност е важен за развитието на науката, че и на иновациите в една държава. Важен е, защото във всяка „изтървана“ държава размерът на чиновничеството расте и за да се намерят пари за изхранването му се гледа да се намалява от други места, вкл. от броя на учените. Тъй върви процесът на самоизяждане на едно общество, драги ми колеги. А броят на учените не трябва да пада под един минимален такъв, защото вероятността да решите една сложна обществена задача е право пропорционална на количеството квалифицирани учени, с които разполагате. Намалите ли броя на учените – не се и надявайте технологичните и други обществени задачи да се решават. Ще кажете, това на нас не ни трябва. И после ще се огледате и ще се чудите, защо във всички класации сме първи, ама отзад напред. Но то не е за чудење. И дори и да имате достатъчен брой учени, те трябва да са добре квалифицирани (това беше отлично унищожено с „игнатовския“ закон за развитие на академичния състав) и да са добре организирани. Но как да са добре организирани, като в татковината има много малко хора, които наистина разбират от организация на науката.

А за тези, които се интересуват, какво казват математическите теории относно броя на учените в дадена страна, ето няколко извода – без формули. Най-напред, с увеличаването на сложността на задачите пред страната (а това е неизбежно поради усложняването на социалните, икономическите и другите подсистеми на обществото), се увеличава нуждата от растящ брой (но КВАЛИФИЦИРАНИ) учени, за да се поддържа достатъчно голяма вероятността тези проблеми да бъдат решавани. Следователно правителството трябва да поддържа достатъчно голямо количество квалифицирани учени. Да го кажем, като един бивш американски президент – не е истината в чиновниците, глупако, в учените е истината, но в квалифицираните учени, а не в пискливите псевдоучени. Производството на псевдоучени и псевдопрофесори никак не увеличава размера на националното научно общество.

И накрая – една последна бележка. Днес много се говори, да се определи минимален брой на учените в БАН. Ама колко да били. Хайде да ви напиша тук, каквото написах на едно друго място. В момента в БАН има около 2700 учени. Минималният необходим брой е 4000. Да го напиша ли пак с по-голе-

ми цифри – **4000**. Ама много били – пицят „разбирачи“, наблюдавали голямата наука от лавицата на магазин или на ниска позиция тук-там, където са ги държали далеч от това, как наистина е организирана науката, че да е ефективна. Виждате ли, обаче, каква е каша в българската научно-технологична система, като ги слушате тях? Защо не послушате мен, може пък да потръгнат нещата? То 4000 е 40% от научния състав на една от многобройните американски национални лаборатории. То САЩ има много такива, със собствени докторантски програми (досущ като БАН), че и във всеки щат има академия на науките, че има и национална такава. Това за сведение на прикудкудяващите несретници, които научни постижения нямат, но понеже могат да сметнат колко е две по две, вече мислят, че знаят, как се управлява национална научна система.

Следващото нещо, на което бих искал да обърна внимание, е, че научните структури не можем да си ги управляваме, както си искаме, защото те, освен че са нелинейни (което значи, че в повечето случаи хич не реагират така, както му се иска на управляващия и той все остава изненадан, подобно на кмет, изненадан от първия зимен сняг), ами са и дисипативни. Иначе казано, за да съществуват и да се развиват, имат нужда от потоци информация, специалисти, пари и материали. Какво наблюдаваме обаче? Информация – я има, я няма, всеки учен да се спасява сам, щото може да решим да спестим от абонаменти за списания и бази от данни. Поток от специалисти – не думайте! Доста преди оня с пицата, имиджът на българския учен систематично се сшиваше и ето – системата е пред криза – няма млади хора. Нищо, бе, юруш, ще им вдигнем заплатите, ама специални програми, ама от чужбина ще върнем, юруш, юруш! Да ви напиша ли, какъв ще е резултатът от това? Ето – **нулисимо**. Защото не се прави така. Не вярвате ли? Ами карайте, както сте почнали – младежта взима добри заплати, докато дойде време да стане главен асистент (на това те му казват „гладен асистент“, ако не сте чували) и после бягай, бягай по чужбина. И при това изтичане на мозъци, съветниците от Световната банка и другите такива организации, като си хващат самолета от София за към работното място, вероятно си мислят „*Благодаря ти, Боже, че има такива балъци в таз държава, дето сами си гонят младежта по чужбина*“. Като сте тръгнали да оправяте възнаграждението, оправяте го по цялата верига. И това е само първата стъпка, която трябва да направите. Ама ти си много лош – не се стърпява някой на по-висока управленска позиция и ме хока. Ами лош съм – казвам му – да не би аз тъй успешно да бърках 30 години кашите в научно-технологичната система. Началникът се ядосва – ама ти май искаш да кажеш, че по време оно беше по-доб... – и спира на средата на думата, щото се сеща, че по време оно науката наистина беше по-добре. Е, сега не сме време оно и други подходи трябва, но съвсем не тези, които

„разбирачи“ и прикудкудякващи неудачници (уволнени поради липса на научни постижения и компенсирателни тазипса с устатост) ви предлагат.

И накрая стигнахме до материалите. И тук – 30 години нищо, апаратури-те се скапаха, сега отново – вълшебната дума – юруш! – ще накупим. Добре, ще накупите. И после какво? Ами-и-и-и – чешат се по главите „разбирачи“ и началници – после ще работят за индустрията и ще се самоиздържат. За кое, за кое, щели да работят? – за българската индустрия и за българския бизнес ли? Искате ли да чуете смеха на човек, който знае какво ще излезе от това? Пуснете си третата серия на „Матрицата“, там където агент Смит взима очите на оракула и вижда бъдещето. Там е този прочут смях. Дори и да имате страна с развит бизнес и индустрия, собствените приходи на тези апаратури няма да са повече от 30% от разходите за поддръжката им. **30%**, да не вземе да каже някой, че не съм го написал с големи цифри. Значи тук трябва съвършено друга концепция. *„Ама що са им разходи за поддръжка“* – ще каже някой началник – *„те ще си работят и така, без поддръжка. Щото няма пари“*. Е, ама, да, то така става – всичко работи без пари. В чудния началнически свят може и да е така, в реалния свят обаче е друго.

Та като съм почнал за парите, да кажа още един факт, който е следствие от математическите модели. Имаме финансиране на научната система на една страна (предполага се, че това е система, състояща се от квалифицирани учени). Управляваме си я, значи, ние тая система и дори повишаваме с малко финансирането ѝ всяка година. И не върви, и не върви, пусто да остане, вдигам аз парите, а нищо не става. Ама защо не става? Много просто – има граница на финансиране, над която може да стане нещо положително. Таз граница се вдига с годините. Ако си под нея и вдигах така парите, че стоиш под границата, нищо не правиш. Я да го напиша пак с големи букви – **нищо не правиш**. *„Ама колко е тази граница“*, ще попита някой. *„Ама граница ли имало?“* – ще се зачуди друг. Да, има и убийствено точно, мога да ви кажа, че сега сме под тази граница. Затуй резултатите са такива. И такива ще бъдат, докато не се прехвърли границата. Това и е хубавото на математиката – тя е убийствено точна.

Как да оценяваме научната продукция

Като се замисли човек предколедно, то у нас всеки разбира от политика, футбол и от оценка на научната продукция. Затуй и политиката, и футболът, и научната ни продукция са на тоя хал. Ами какво толкоз има, ще каже някой – броят публикации на един учен са количествена характеристика на научната му продукция. И толкоз. Ами какво ще кажем за качеството на научната продукция? Та броят публикации е мярка за научната активност на изследователя – не ще и дума, че за да постигне добри резултати, активната работа е важна. Ама не става само с работа. Трябва и акъл (в научните среди понякога му казват талант). Тоест, трябва и качество. И тъй, стигаме до голя-

мата тема за системите за измерване на качеството. Има ги из развитите държави, може и у нас тук-таме да има нещичко. Няма да ви описвам сега как Германия и Япония се въздигнаха след загубената последна Световна война, описвал съм го на други места и особено там, където съм разглеждал дейността на Лудвиг Ерхард и Уилям Деминг. Ще ви кажа за няколко особености на системите за оценка, особености, свързани с математическите им характеристики. Най-напред, статистическите характеристики на преобладаващата част от социалните процеси са свързани с негаусови разпределения. Така е и с процесите в науката. Тоест, ако ги анализирате на основата на статистика, базирана на Гаусови статистически свойства на процесите, ще получите прекрасни, ама грешни резултати. Щом процесите са негаусови, значи влияят доста фактори и, като анализираме научните и технологични системи, ни трябва мултифакторен анализ. Мулти-и-и-и..., мулти-какво? – много обичам реакцията на „разбирачите“ точно в този момент. И продължавам безмилостно нататък. Не само това, ами и няма доминантни параметри в системата (че само тях да гледаш как се менят и да съдиш какво става). На всичко отгоре, като прекалиш с броя параметри на системата, които следиш, може да се загубиш из слабите връзки между тях и да не хванеш основното и на тази основа може да си направиш грешни изводи, след което следват грешни мерки. Сега вече ви е ясно, защо системите за оценка на научната продукция трябва да се правят внимателно и да се прилагат още по-внимателно. Има доста системи за оценка на научната продукция по света, които работят по-добре или по-зле. У нас едни хора предпочитат едни от тях, други хора предпочитат други от тях, обаче пари за реализация и на едните, и на другите – няма. Аз си мисля, че за българското безпаричие най-добре е да има смесена система за оценка – основана на експертни мнения и наукометрични показатели, като всеки елемент има добре обмислено тегло в оценката. Но какво си мисля аз, няма голямо значение, поне за момента. Поради факта, че преди да обсъждам каквато и да е система за оценка, другата страна трябва да е осъзнала това, което написах дотук за негаусовостта, мултифакторността и още някои други неща. Затова напред към индикаторите и индексите.

Индикатори и индекси за оценка на научната продукция има много. В книгите ми рядко ги групирам в системи, за да може съответният началник да си направи такава система, отговаряща на конкретните му нужди (като грешно предполагам, че началникът ще прочете тези места от книгата, където се обяснява, за какво трябва да се внимава, като се прави една такава система). Най-напред се започва с броя на публикациите – добре, мярка за научна активност. Следва мръсене за броя на цитатите. Рентниерство, а се броят, да не се броят – викат някои. Като ги гледаш тия някои – те нямат много цитати, тоест имат интерес да не се гледа много-много качеството на публикацииите. Преди да продължа нататък – нека да напиша, каквото следва, само за

случая, когато сравняваме учени от една и съща дисциплина – например Николай К. Витанов и Парапунчо Караторбаланчев – и двамата от областта на математиката. Някои много обичат да сравняват цитати на учени от различни дисциплини – това са откровени глупости. И тъй, хващаме двама учени от една и съща научна област и сравняваме. Цитатите са, образно казано, парите, които ученият получава за продукцията си. Интересна продукция – много цитати, неинтересна продукция – малко цитати. Та защо да не гледаме колко са цитатите? Ама то имало хора с безинтересна, но качествена продукция. Има де, има, в някои абстрактни области на науката, дето трудно се разбира, какво се произвежда. Но масово криене зад това – имам малко цитати, щото моята научна продукция е качествена, но неинтересна – не може да има. Това, ако е вярно, говори за структурен дефект в научната система.

Следва индексът на Хирш. Възхваляван до небето от тези, които имат голяма стойност на този индекс и недолюбван от тези, за които стойността на индекса е ниска. Истината е такава – за различните клонове на науката, долната граница на високите стойности на индекса на Хирш е различна. А нали си спомняте още за мултифакторния анализ, дето писах по-горе. Значи трябва да се отчетат и други фактори, които се изразяват чрез други индекси. Например в естествените науки добро допълнение към индекса на Хирш е индексът на Егхе. И така, полека и внимателно, управляващият може да си направи система от индекси, които да му казват смислени неща за научната продукция на тези, които оценява. Но сега ще спра да пиша за индексите, защото има още нещо важно. И това са статистическите закони, които действат при производството на научна продукция от сложни изследователски системи.

Ама и закони ли има? – биха попитали някои. Има, и закони има, и те ни казват интересни неща. Обикновено се започва със закона на Лотка (същия онзи от теорията за хищниците и жертвите), който казва, че броят на ученияте, които са написали някакво количество статии, е обратно пропорционален на квадрата на количеството написани статии. Тоест, не са много хората, които имат много (качествени) научни публикации. И ето, идват „разбирачите“ и почват да вят, как в българската научна система единици били тези с голяма качествена научна продукция. Ами колко да са – то учени в България много няма и този квадрат в знаменателя на закона ясно казва, че в нашенската малка научна система ще има само единици с голяма научна продукция. Това да не ви е Китай или Съединените Щати! Увеличете броя на учените, казва законът на Лотка, и ще има повече такива с голяма научна продукция. И почват – „*ма нямаме пари, ма Космосът ни пречи, ма туй, ма онуй ...*“. Не на мене тия – който иска да направи нещо – търси начини, който не иска да направи нещо – търси извинения. Ама колко са тия с многото публикации? Хайде от мен да мине – няма да ви карам да четете целите ми книги – около 5%

от всички учени. Значи от 2700 учени в БАН – не повече от 135 са с голяма научна продукция. Та трябва да очаквате, че само малка част от изследователите ще имат голяма научна продукция, на останалите научната продукция няма да е голяма. И каквото и да правите, все ще е така – голямата научна продукция ще се концентрира в малък на брой изследователи, а останалата продукция ще диспергира из по-голям брой изследователи. По света и вътре в моя кабинет на това му казваме концентрационно-дисперсионен ефект в изследователските организации. Този ефект налага определена линия на управленско поведение. Линия, която у нас я няма. И затова нещата не вървят – върви се по неправилната линия, тъй простичко е обяснението, когато човек знае законите и ефектите.

Има и други закони, свързани с научната продукция. Но мисля, че този, за който разказах, стига засега. Нека да обсъдим още нещо – моделирането на изследователските системи на количествените аспекти на научната продукция. Ама ти и да моделираш ли можеш? – ще се сети някой – значи и да предсказваш можеш! Тук няма нищо да кажа, но все пак, няма да е зле да четете, каквото пиша. Най-напред да ви кажа, че има статистически модели, свързани с научната продукция. Един от тези модели е свързан с любимия ми вариационен подход към сложните системи и от него излиза една прелюбопитна величина, която е аналог на температурата във физиката. Тази величина характеризира външното влияние върху научната система, с други думи – финансирането ѝ. И резултатът е логичен – намаляваме финансирането – системата замръзва и научната продукция намалява. Увеличаваме финансирането – системата се стопля и научната продукция се увеличава. Сега ясно ли ви е, какво направи Дянков, дето показваше постната пица. Началниците му доста са се смели на балъците, които допуснаха този юнак „да си разиграва коня“ в българската наука. Ама що ни пишеш това сега – ще попита някой. Много просто – Дянковите другари още са по важни позиции и още се опитват да замразят българската наука, и се стремят, ако има увеличение на средствата, то да е подпразово. И понеже все още успяват, халът на българската наука е такъв. Добавете и действията на „разбирачите“ и мисля, че добре ви описах, защо кашата е пълна.

И накрая – още един модел, който да ви даде представа, как се увеличава научната продукция, с включен демографски фактор в нея. Имате една редица от кашончета и една камара празни листи. Номерираните кашончетата, например от 0 до 10 000, на всеки учен създавате досие и пишете в него колко статии е написал. Гледате колко е написал и слагате досието му в кашончето със съответния номер. Значи учен с 10 статии – досието в кашонче номер 10. Разпределяте, значи, досиетата по кашончета. Ако някой учен напише нова статия, вадите му досието, записвате новата статия и обратно в следващото кашонче. Написал, значи, 11-тата си статия – от кашонче 10 досието му оти-

ва в кашонче 11. И тъй имате представа както за всеки учен, така и за цялата ви научна организация. Ако организацията ви е голяма, вероятностното разпределение на учените по кашончетата е от класа на негаусовите разпределения с тежка опашка и в повечето случаи е точно разпределението на Уоринг – (кой е Уоринг ли? – шестият Лукасов професор по математика в Тринити коледж в Кеймбридж. Значи първият такъв професор е Бароу, вторият (всички станете прави и – шапки долу) е Нютон, а шестият е Уоринг). Добре-е-е, я сега да видим ситуацията, при която, вследствие на оплюване на имиджа на учения, в нулевото кашонче рядко попада нещо (няма младежи, желаещи да станат учени), а пък от кашончетата със средни и големи номера непрекъснато махаме досиета (пенсионират се хората). Какво ще остане? Правилно – напълно жалката картинка, която наблюдаваме в момента. И забележете – веднъж стигнала до жалката картинка, системата трудно излиза от нея, защото хубави статии не се пишат така, както началниците си мислят – щрак, и готово. Статии се пишат бавно и съответно движението на досиетата из редицата от кашончета е бавно. И когато някое досие трябва да излезе от кашонче, което не е в началото на редицата от кашончета, загубата за научната система е пропорционална на номера на съответното кашонче. Опитвам се бодро и предколедно да опиша едно страшно нещо, пък вие ще кажете дали ми се получава.

Кратко заключение

И тъй, часът е 21:36 на 24 декември 2019 г. Дописвам тая статия и, преди да отида да празнувам, ми се иска да взема да напиша нещо положително и весело. Като стигнахме дотук, вече ви е ясно защо картинката е такава, каквато е. Нищо нелогично няма в това. Вероятно се питате дали нещата могат да се оправят. Винаги могат да се оправят нещата, разбира се. Просто трябва да се смени текущата линия на движение с правилната такава. Обаче веднага ще се хвърлят да ви указват, коя е правилната линия. Ако не ви е писнало още, слушайте ги и вървете, накъдето ви водят. Обетованата земя не е там. А сега, весела Коледа и щастлива Нова година! Не се предавайте и не спирайте. Като се движите, винаги ще стигнете до състояние, в което условията за живот и труд са по-добри от тези в настоящия момент. Това ни казва една теорема, разказана без формули. И щом е така, какво ни трябва повече, освен здраве. Та, желая ви здраве и успехи през Новата 2020 година!

CHRISTMAS REFLECTIONS ON SCIENCE AND SCIENTOMETRICS

Nikolay K. Vitanov

We discuss several questions related to science dynamics and scientometrics from the point of view of mathematics and of the current situation in Bulgarian scientific system. The size and state of Bulgarian scientific community are discussed and several remarks on research assessment systems are provided. Several scientometric indexes, laws and models are briefly mentioned without any formulae. It is Christmas and we try to be optimistic but the reader may feel that we failed in this.

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: upb@phys.uni-sofia.bg
- по време на лекторията „Светът на физиката на живо“

ГОДИШНА НАГРАДА „ПРОФ. Д-Р ЕЛИСАВЕТА КАРАМИХАЙЛОВА“¹

Наградата е учредена от Гамаконсулт ЕООД през 2017 г. в рамките на конкурса „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“.

Стойност на наградата: 700 лв.

Наградата 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.

Наградата е ежегодна и се присъжда от жури, определено от Софийския клон на Съюза на физиците в България. Присъжда се най-много на двама индивидуални участника или на два колектива, като едната половина може да бъде разделена още на две.

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>

¹Професор Е. Карамихайлова е първият български атомен физик – нейна е първата публикация по ядрена физика на български език: „Върху твърдите гама-лъчи на актиниевата серия“, 1939 г.

Завършила е Виенския университет, където е защитила титлата „доктор по философия“. Работи в Радиевия институт – Виена, и в Кавендишката лаборатория на Кеймбриджкия университет, където защитава научната титла *Magister Atribus*.

От 1939 г. проф. Карамихайлова е редовен доцент в Катедрата по опитна физика на Софийския университет. Чете лекции по атомна физика, спектрален анализ, луминесценция, ядрена физика и радиоактивност. През 1945 г. оглавява новосъздадената катедра „Атомна физика“.

От 1955 г. до смъртта си (1968 г.) тя ръководи секция „Радиоактивност и ядрена спектроскопия“ във Физическия институт на БАН.

Основните научни интереси на проф. Карамихайлова при работата ѝ в България са в областта на природната радиоактивност, техногенните радиоактивни замърсявания и радиационната защита.



ПОСЛЕДВАЩО СЪБИТИЕ НА МЕЖДУНАРОДНИЯ ФЕСТИВАЛ „НАУКА НА СЦЕНАТА – 2019“ В ПОРТУГАЛИЯ

Под надслов „От учители за учители“

Ана Георгиева

Представилите България на международния фестивал „НАУКА НА СЦЕНАТА – 2019“ в ПОРТУГАЛИЯ споделиха с участниците в последващото събитие на 1 и 2 февруари 2020 г. в Севлиево своите впечатления, нови знания, умения и идеи за атрактивно преподаване на природните науки.

Според правилата на Европейската платформа „Наука на сцената“, всяка страна-участник във фестивала трябва да организира едно *последващо* Международния фестивал събитие, което се счита като обучение за българските учители **по природни науки (STEM)**. Националният и местният организационен комитет на програмата „Наука на сцената – България“ решиха това събитие да се състои **на 01 и 02 февруари 2020 г. в СУ „Васил Левски“ – Севлиево.**

Основни организатори на събитието бяха **Съюзът на физиците в България**, който работи по проект **„ФИЗИКА ЗА ВСЕКИ“**, финансиран от Европейския физически съюз, и СУ „Васил Левски“ – Севлиево, включено в **Списъка на иновативните училища в България за учебната 2019/2020 г. въз основа на проекта за иновации „Наука на сцената“**. Главните участници в него бяха **9-те членове на делегацията, която представи България на Международния фестивал „Наука на сцената – 2019“ в Португалия. Присъстваха повече от 60 учители по природните науки** от всички степени на образованието у нас (включително предучилищно образование и детски градини) от областите **Велико Търново, Габрово, Силистра, Стара Загора, Кюстендил и София.**



Във фойето на актовата зала на СУ „Васил Левски“, където се проведе събитието, бе създадена атрактивна обстановка с изложба на плакатите на българските проекти представени в Кашкайш, Португалия, и няколко от щандовете с експонати от проекта на Светлана Христова от детска градина „Радост“, Севлиево.

Проф. д.фз.н. Ана Георгиева, председател на Националния оргкомитет,

откри форума, подчертавайки целта му – присъстващите учители да се запознаят с иновативните подходи и най-добрите практики, представени на Европейския фестивал под мотото „От учители за учители“.

Презентация на тема: „Участието на България и впечатления от фестивала в Португалия“ с акценти върху програмата, организацията и някои от впечатляващите добри педагогически практики, бе представена от инж. **Румянка Гълчавова** от ОУ „Цанко Церковски“, с. Средище, област Силистра. След това **Теодора Конова** – зам.-директор на СУ „Васил Левски“, представи издадената



книжка с описанията на **български и английски език на 9-те български проекта**, участвали в Международния фестивал в Португалия, а на училищата, чиито представители бяха членове на делегацията, подари по един екземпляр от **бр. 4, 2019 г. на списание „Светът на физиката“**, в който е поместен материал на **Радка Костадинова** за представянето ни на Международния фестивал. Вечерта беше организирана

тържествена вечеря за участниците, за да се опознаят и обменят лично впечатления и опит.



На следващия ден, гостът на събитието **Федерико Андреолети (Federico Andreoletti)** от училище „Дон Боско“, град Брешиа, Италия представи работилница, в която демонстрира различни физични явления чрез забавни експерименти с вода, като част от **проекта му „Отвъд водата“**, представен и отличен на Международния фестивал „Наука на сцената – 2019“ в Португалия. Особен интерес за участниците пре-

дизвикаха два от тях – почистване на петна от нефт и образуване на голям сапунен мехур. И двата експеримента могат да се представят пред деца, неизучаващи физика, а обяснението им се базира на явлението интерференция



на светлината при отражение от тънък слой. Особено полезна и интересна беше осигурената възможност всеки участник да възпроизведе показаните експерименти. Още една „работилница“, назована „Експеримент, достъпен за всеки ученик“, проведе учителят по химия **Наско Стаменов** от Националната природо-математическа гимназия в София. Това бе една от ярките

български изяви в програмата на фестивала, която предлага устойчиво и рентабилно решение за провеждане на експерименти по химия, дори при липсата на специално оборудвани кабинети и лаборатории.



За пръв път България участва в Европейския фестивал със съвместен проект с испанско училище, наречен „Подходящи и качествени храни и храни за космонавти“, който беше представен чрез видеодемонстрация от **Даниела Георгиева** от ОУ „Христо Ботев“ в град Кюстендил. Изследователски базираната задача, поставена на учениците, е да се запознаят с понятията „подходяща“ и „качествена“ храна и да проучат специфичните изисквания към храната за космонавти, както и да изучат традиционните и съвременни методи за подготовката и съхранението на храната, както за космонавтите, така и при други специфични условия.



Интерес за участниците беше и представеният от **Никола Каравасилев** – учител в Софийската математическа гимназия и в Частно начално училище (*Izzi Science for Kids*), мащабен проект „**FRONTIERS**“ (<https://nuclio.org/projeto/frontiers/>), представляващ международна образователна платформа, представена на Европейския фестивал пред всички участници от един от неговите съорганизатори – **NUCLIO**. Целта на платформата е да вкара в класните стаи научните открития, включително тези на Нобеловите лауреати, за да се запознаят учениците със съвременните проблеми и постижения на природните науки.



Проф. Иван Лалов изнесе лекция на тема „Светът на физиката“, в която изложи педагогически подходи, с които преподавателите по физика могат да повишат интереса на учениците и студентите към науката, разкривайки връз-

ките ѝ с реалния живот, и широките хоризонти на съвременните научни изследвания.

На края на форума бяха представени от организаторите предстоящи събития, организирани от СФБ, като 48-ата Национална конференция на обучението по физика и Младежката научна сесия, провеждана по време на конференцията (Пенка Лазарова); списанието „Светът на физиката“ и лекторията към него; положителни практики на български учители, представени в сайта на проекта „Физика за всеки“ (Милка Джиджова).

Всички участници получиха сертификати за участие в междуинституционално обучение и си тръгнаха от форума, обогатени с нови знания, умения и приятелства, заредени с енергия и готовност да продължат работата си за популяризиране на физиката и привличането на младото поколение към кариери, свързани с предизвикателствата и нуждите на тяхното бъдеще.

FOLLOW-UP EVENT OF THE INTERNATIONAL „STAGE SCIENCE FESTIVAL – 2009“ IN PORTUGAL

Ana Georgieva

Abstract: On a follow-up event on February 1st and 2nd, 2020 in Sevlievo, the representatives of Bulgaria at the International „Stage Science Festival – 2009“ in Portugal shared with the participants their impressions, new knowledge, skills and ideas for the attractive teaching of natural sciences.

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

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

SCIENCE BRICKS: НАУКА С КАУЗА – СЪБИТИЕ В ПОДКРЕПА НА БЪЛГАРСКИТЕ ОЛИМПИЙЦИ ПО ПРИРОДНИ НАУКИ

Вълкан Горанов*

*„Хем слушахме наука, хем правихме наука, хем гледахме наука,
хем заедно подкрепихме бъдещето на науката.*

Май нямаше как да е по-хубаво!“

Посетители на *Science Bricks: Наука с кауза*

Част от най-добрите комуникатори на науката у нас се събраха на една сцена в подкрепа на българските олимпийски отбори по природни науки. На сцената излязоха и някои от българските олимпийци по природни науки. Това стана по време на първото издание на научно-популярното събитие *Science Bricks: Наука с кауза* (<https://mediabricks.bg/sciencebricks/>), което привлече стотици зрители на 19 октомври 2019 г. във форум „Джон Атанасов“ на София Тех Парк. Слънчевият ден се оказа идеален да научим за (не)спокойната Вселена, Антарктида, произхода на живота и как химията ни отвежда в Космоса.

Лектори са Никола Каравасилев, Наско Стаменов, доц. Аспарух Камбуров и проф. Николай Денков, а водещите са Златина Димитрова и д-р Владимир Божилов. Участват и трима от тазгодишните олимпийци по природни науки: Десислава Илиева, Иво Петров и Дамян Францов.



От ляво надясно: Никола Каравасилев, Наско Стаменов, проф. Николай Денков и доц. Аспарух Камбуров

Присъстват ръководители и състезатели от олимпийските отбори по природни науки, както и представители на Съюза на физиците в България. Всички приходи от продажбата на билети за *Science Bricks: Наука с кауза* отиват

* главен редактор на сайта за наука и технологии MediaBricks.bg. Сайтът е медиен партньор на организирани от СФБ събития.

директно в дарителската сметка на Сдружението на олимпийските отбори по природни науки (математика, физика, химия, астрономия, лингвистика, астрономия и астрофизика, биология и информатика), в подкрепа на тяхната подготовка.

Първият лектор **Никола Каравасилев** – астрофизик, учител по наука, ръководител на няколко международни отбора и талантив комуникатор, обяснява дали Вселената е толкова спокойна, колкото всички си мислим, или в нея се случват истински катаклизми. От Никола научаваме, че галактиките понякога могат да са канибали, като се поглъщат една друга, както и какво ще се случи, ако звезда от тип бяло джудже „преяде“. Научаваме защо няма никакъв шанс нашето Слънце да се превърне в черна дупка и че то няма да избухне, а в края на живота си ще изстине тихо и кротко. Освен това Никола забавлява публиката с шеги за „пенсионерския клуб“ на звездите и за обърканата представа за топло и студено, която ни дават кранчетата на мивките...

В почивката посетителите – малки и големи, се учат да пилотират самолет на симулатор, навън гледат към Слънцето с новия слънчев телескоп на катедра „Астрономия“, разглеждат интересни бижута и тениски с научна тематика и различни скали и кристали.

Вторият лектор е химикът и учител **Наско Стаменов**. От него научаваме с какви материали можем да пътуваме в Космоса. Разказва ни за общото между покритието на някои капсули, кравите и картина на Мане. А общото е, че от костите на крави се прави костен въглен, с който е нарисувана част от картината на Мане, и който участва в изработката на покритието на капсули, така че да издържат на супервисоки температури.

През обедната почивка водещите Златина Димитрова и Наско Стаменов сменят за кратко амплото си, за да покажат малко зрелищна наука с помощта на „**Корпуса за бързо гърмене**“. На маса, екипирана като химична лаборатория, Златина и Наско оправдават името „Корпус за бързо гърмене“, създавайки минивулкан от реактиви, а накрая – разпалвайки истински химичен огън.

На сцената третият лектор за деня – **доц. Аспарух Камбуров**, поднася порция антарктическа наука. Той отвежда зрителите из дебрите на Антарктика, за да разкаже повече за приключението да се прави наука там. Разказва за базата на България на остров Ливингстън и как се правят геодезични проучвания на ледения континент. Публиката участва дейно в лекцията, като отговаря компетентно и умно на въпросите на Аспарух.

Проф. Николай Денков ни връща милиарди години назад, за да си представим как и откъде може би се е появил животът на Земята. Впечатляващата му научно-популярна лекция „Животът преди и след Земята“ ни запознава с първата биологична клетка, предшественик на всички живи организми на Земята – *LUCA (Last Universal Common Ancestor)*. Лекцията обеди-

нява последните проучвания в областта на астрономията, биологията, химията и още редица науки. Започваме от опита да дадем точна дефиниция на израза „жив организъм“ и достигаме до възможностите до нашата планета да са прелетели светлинни години разстояние градивни тухлички на живота.

През много експерименти, нови знания и научно вдъхновение, достигаме до кулминацията на *Science Bricks: Наука с кауза* – моментът, в който публиката се запознава отблизо с каузата на деня.

Трима от тазгодишните олимпийци по природни науки споделят от сцената за подготовката си, труда и мотивацията да се състезават. Това са **Десислава Илиева** (биология), **Иво Петров** (физика и математика) и **Дамян Францов** (химия). Разказите за преживяванията им по време на пътуванията за международни състезания са забавни и откровени. И тримата олимпийци очароват публиката и не остава никакво съмнение в техните познания по наука. Деси, Иво и Дамян решават по една задача, която им се е падала на международни състезания.



От ляво надясно: Иво Петров, Десислава Илиева и Дамян Францов

Science Bricks: Наука с кауза вдъхнови стотиците си зрители с любов към науката и желание да подкрепят изключително талантливите ни олимпийци по природни науки. Постави първата тухличка, след която със сигурност ще има още много, много събития.

Ще се срещаме отново и то много скоро с прекрасни лектори, ще правим страхотни експерименти и демонстрации! Ще ни обедини следваща кауза в името на науката.

Първото научно-популярно събитие *Science Bricks: Наука с кауза* се организира от сайта за наука и технологии MediaBricks.bg. Основен партньор е Частно начално училище *Izzi Science for Kids*. Събитието се осъществи с подкрепата на: *MDV Professional Education*, *Vivacom*, София Тех Парк, Фондация „Карол Знание“. Партньори на събитието са: Сдружение на олимпийските отбори по природни науки, Български дарителски форум, Британски съвет в България, Фондация „Еврика“, *Ratio*, Подкаст „Почти наука“, „Абордаж“,

Форум Демокрит, катедра „Астрономия“ към Софийския университет, *Tech-noMagicLand*, Географ БГ, Съюзът на учените в България, Съюзът на физиците в България. Медиен партньор е и сп. „Светът на физиката“.

Второто издание *Science Bricks 2: Наука с кауза* е планирано за октомври 2020 г., отново във Форум „Джон Атанасов“ на София Тех Парк. Ще бъдат представени зрелищни демонстрации и експерименти за малки и големи фенове на знанието, както и интересни лекции на разбираем език от географите д-р Евгения Сарафова и д-р Димитър Желев на тема „Познаваме ли Земята?“, физика Стоил Иванов – „(Не чак толкова) кратко въведение в орбиталната динамика“, астрофизика Никола Каравасилев – „Колко е елементарна физиката?“ и химиците Наско Стаменов и Златина Димитрова – „Тук не се диша!“. Златина Димитрова заедно с астронома д-р Владимир Божилов ще са водещи на цялото събитие. Отново ще има вдъхновяваща среща с част от олимпийците ни по природни науки – медалисти от международни олимпиади, които ще разкажат „Как се печелят медали от най-силните международни състезания по природни науки?“.

**СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“, СЪЮЗЪТ НА ФИЗИЦИТЕ В
БЪЛГАРИЯ, КАТЕДРА „ФИЗИКА“ КЪМ МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ
УНИВЕРСИТЕТ „СВЕТИ ИВАН РИЛСКИ“ И СТОЛИЧНА
БИБЛИОТЕКА**

ОРГАНИЗИРАТ ЛЕКТОРИЯ

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА НА ЖИВО

с публични лекции на настоящи и бъдещи автори на
сп. „Светът на физиката“

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

БЪЛГАРИЯ Е ОТНОВО ЧЛЕН НА МЕЖДУНАРОДНИЯ СЪЮЗ ЗА ЧИСТА И ПРИЛОЖНА ФИЗИКА (*IUPAP*)

Митко Гайдаров

На 10 декември 2019 г., в Националния дворец на културата (НДК) в София, се състоя тържествена церемония по встъпването на България в Международния съюз за чиста и приложна физика (*International Union of Pure and Applied Physics – IUPAP*). На практика нашата страна възстанови членството си в тази престижна организация, което беше прекъснато в началото на 90-те години на миналия век. България става пълноправен член на *IUPAP* през 1957 г. Сегашното членство се инициира от Съюза на физиците в България (СФБ) и осъществява с финансовата подкрепа на Министерството на образованието и науката (МОН).



Акад. Александър Г. Петров и проф. Мишел Спиро подписват меморандума

Меморандумът за членство беше подписан от председателя на *IUPAP* професор Мишел Спиро и от председателя на СФБ академик Александър Г. Петров. Председателите на двата съюза положиха подписите си след лекцията на проф. Спиро за целите, задачите и планираните дейности на ръководената от него институция. Тази лекция беше представена на откриването на Международната конференция „Изследователски инфраструктури на бъдещето – синергии, устойчивост, интелигентна специализация и социално въздействие“ (*Futuris 2019*), организирана от МОН в зала 6 на НДК и проведена на 10 и 11 декември 2019 г. Като ключов лектор на конференцията, проф.

Спиро очерта в своята лекция основните принципи, мисия и структура на *IUPAP*, както и оповести проект за обявяване на 2022 г. за Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие.

Международният съюз за чиста и приложна физика е неправителствена организация, основана през 1922 г. в Брюксел от 13 страни. В момента в *IUPAP* членуват 58 държави от различни континенти. Мисията на този съюз е да подпомага развитието на физиката в целия свят, да насърчава международното сътрудничество в различните области на физиката и да способства за прилагането ѝ при решаване на проблемите на човечеството. Водещите принципи на организацията са отвореност и обхват във физиката, осигуряване на цялостност и правдоподобност, популяризиране на физиката като базисна наука за иновации и интердисциплинарни изследвания и повишаване на нейната роля за развитие и устойчивост. *IUPAP* е организиран в работни групи по специфични теми и комисии, които вземат решения за финансова подкрепа на значими конференции по физика, определят ръководните принципи на Съюза и наградите за млади учени. Всяка година *IUPAP* е спонсор на около 50 международни конференции, подпомага научния обмен и образованието и насърчава изследванията на млади учени, като за периода 2006 – 2018 г. е присъдил 198 награди.

По инициатива на Международния съюз за чиста и приложна физика със съдействието на ЮНЕСКО и ООН 2022 година ще бъде обявена за Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие (*International Year of Basic Sciences for Sustainable Development*). Тази инициатива е свързана с честването през 2022 г. на 100-годишния юбилей от създаването на *IUPAP* и първото Общо събрание в Париж през 2023 г., като е планирано провеждането на крупни събития в Женева и Париж. Съществуват сериозни аргументи в полза на избора на 2022/2023 г. за година на фундаменталните науки. Досега няма проведена широка дискусия за ролята на тези науки върху социалното, екологичното и икономическото развитие на обществото. След Международната година на физиката, химията, математиката и астрономията е време да се планира и Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие. Освен това 2022 г. е подходяща за такъв избор, поради навършването на 100 години от връчването на Нобеловата награда на Нилс Бор, откриването на Комптъновото разсейване, експеримента на Щерн и Герлах, демонстриращ наличието на спин у електроните, и 200 години от обявяване на независимостта на Бразилия.

Могат да бъдат изброени редица примери за ползата на фундаменталните науки за развитието на обществото:

- раждането на *WEB* в ЦЕРН за нуждите от глобална колаборация на фундаменталните науки;

- успехът на *Google*, втората най-крупна компания в света, дошъл от блестяща математическа идея;
- изкуственият интелект, който се основава на статистически методи и ще оказва влияние върху всички аспекти на обществото;
- клетъчните телефони;
- геномният проект, който даде възможност за генни терапии;
- намаляването на замърсяването и зелената химия, основаващи се на редица постижения в химията

и т.н.

Ето защо обявяването на 2022 г. за Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие е важен етап в развитието на *IUPAP*, което с подкрепата на ЮНЕСКО и редица други международни организации ще даде тласък в сътрудничеството между научните институции, разработващи проекти в областта на естествените науки. Като важна стъпка в подготовката на тази година е посочена прецизната подготовка на събития в регионален и световен мащаб, планирана за 2021 г. В тази връзка бих завършил с последните думи на проф. Спиро в лекцията му пред присъстващите на „*Futuris 2019*“, че Международният съюз за чиста и приложна физика ще разчита много на участието на България във всички инициативи на Съюза в бъдеще.

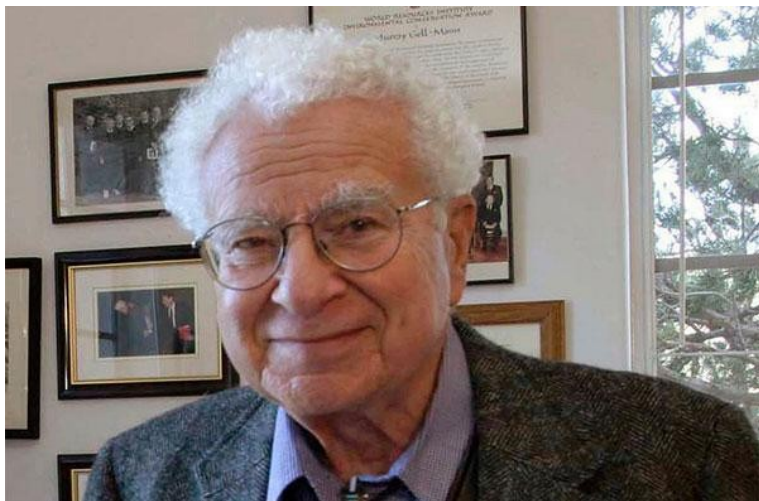
**НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ
СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“**

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

МЪРИ ГЕЛ-МАН – „ЧОВЕКЪТ С ПЕТТЕ МОЗЪКА“

Нели Стоилова

Мъри Гел-Ман (*Murray Gell-Mann*) е един от най-великите учени на XX в., един от основателите на съвременната физика на елементарните частици, „бащата“ на кварките, един от архитектите на Стандартния модел. Освен всичко това, той притежава страстта да разбере, как светът на културата, икономиката, екологията, човешките взаимоотношения и език се развиват под влияние на прецизно подредените фундаментални закони на природата.



Нобеловият лауреат по физика за 1969 г. Мъри Гел-Ман ни напусна през 2019 г., няколко месеца преди да навърши 90 години.

Роден в Ню Йорк, в семейство на еврейски емигранти, едва 15-годишен, Мъри постъпва в Йейлския университет (*Yale University*). Любопитното е, че първоначалният му план е да учи лингвистика или архитектура, баща му настоява да следва инженерство и като компромис той учи физика. След получаване на бакалавърска степен (*B.S.*) през 1948 г. Гел-Ман започва докторантура в Масачузетския технологичен институт (*Massachusetts Institute of Technology*). В началото на неговата кариера като теоретик в областта на физиката на елементарните частици (края на 40-те години на миналия век), с въвеждането в експлоатация на нови ускорители се наблюдават нови и нови частици освен известните протони, неутрони и електрони. През 1951 г. Гел-Ман защитава докторска дисертация върху градивните частици на атомите, която оказва влияние върху последвалите изследвания на Нобеловия лауреат по физика от 1963 г. Юджин Вигнер (*Eugene Wigner*). Същата година Гел-

Ман се премества в Института за авангардни изследвания, Принстън (*Institute for Advanced Study, Princeton*), за да работи с Робърт Опенхаймер (*Robert Oppenheimer*). Следващата – 1952 г., 22-годишният постдок Гел-Ман сътрудничи с Енрико Ферми (*Enrico Fermi*) в Чикагския университет (*University of Chicago*), работейки върху заплетен проблем, а именно, клас от наблюдавани частици, за които се оказва, че имат неочаквано дълъг живот. Наричат ги „странни“ частици и по време на доклад в Института за авангардни изследвания възниква идеята, че тези частици притежават неизвестно до този момент фундаментално свойство, ново квантово число – „странност“ (*strangeness*). По определение странността се запазва, когато елементарна частица взаимодейства чрез силното взаимодействие. През 1955 г. Гел-Ман се премества в Калифорнийския технологичен институт, Калтек (*California Institute of Technology, Caltech*), и няколко години по-късно предлага схема за класификация на елементарните частици, групирайки всички известни към този момент в отделни семейства (*the Eightfold Way*). Поради многото предлагани идеи по това време, малко физици обръщат внимание на тази класификация. В едно от семействата липсва частица. На конференция през юли 1962 г. в Европейската организация за ядрени изследвания (*CERN*) край Женева Гел-Ман обръща внимание на експериментаторите да намерят липсващата частица, наричайки я Омега-минус. По време на обяд с Никълъс Самиос (*Nicholas P. Samios*) и Джак Лайтнър (*Jack Leitner*) от Брукхайвънската национална лаборатория (*Brookhaven National Laboratory*) скицира на салфетка как би могло да се намери Омега-минус частицата, посочвайки частиците, на които се разпада. Триумфално потвърждение на това е, когато тези двама експериментатори откриват Омега-минус частицата. Гел-Ман се обажда на Самиос и с типичното за него равнодушие му казва: „Ник, чух, че си открил нещо много интересно“. Подобна история се случва в Колумбийския университет. По време на обяд Робърт Сърбър (*Robert Serber*) пита Гел-Ман дали частиците, съгласно направената от него класификация, са се образували чрез смесване и свързване на други частици. Изписвайки съответните уравнения, Гел-Ман обяснява, че ако това е така, то тези съставни частици биха имали дробни заряди. Разсъждавайки върху тази идея, Гел-Ман възкликва: „Какво по дяволите, защо не?“ и я предлага по време на доклад, като нарича най-малките частици на материята кварки, имайки предвид фраза от романа „Бдение над Финеган“ (*Finnegans wake*) на Джеймс Джойс (*James Joyce*). Междувременно, Ричард Файнман (*Richard Feynman*), чийто кабинет е до този на Гел-Ман в Калтек, предлага подобна идея, наричайки най-малките частици на материята партони (*partons*). Следва построяване на квантовата теория на полето на кварките и глюоните (*gluons*), частиците на силното взаимодействие, а именно квантовата хромодинамика. Впоследствие идеята за кварките, намиращи се винаги в свързани състояния, се потвърждава напълно от експеримента.

През 1969 г. Гел-Ман получава Нобелова награда по физика „за неговите приноси и открития относно класификацията на елементарните частици и техните взаимодействия“. През следващите няколко десетилетия Гел-Ман продължава да е лидер в развитието на теорията на елементарните частици. Потвърждение за това са думите на Самиос: „Когато задавам въпрос на физик-теоретик, защо работи върху нещо като алгебра на токовете или теория на групите, отговорът неизменно беше: „Защото Мъри работи върху това“.

Гел-Ман е привърженик на теорията на суперструните, основаваща се на идеята, че цялата физика в крайна сметка е резултат от вибрации на „супер-симетрични струни“: причудливи, многоизмерни образувания, много по-малки от най-малката частица. Той вярва, че прилагането на тази теория към проблема за раждане на Вселената ще доведе до големи проби: „На тези, които мислят за кариера във физиката, бих препоръчал да се опитат да работят върху обединение на теорията на суперструните и космологията“, казва Гел-Ман.

Често наричат Гел-Ман „човекът с петте мозъка“. Обхващайки изумителна гама от теми, книгата му „Кваркът и ягуарът. Приключения в простото и в сложното“ ни дава представа за това какво са направили другите четири мозъка на Гел-Ман. По същество тя описва как феномени около нас – дете, което се учи да говори или поведението на една икономическа система, възникват от по-прости елементи. Според Гел-Ман нашият свят е съставен от прости елементи като кварки и „сложни адаптивни системи“, които той описва, използвайки метафората на сложен, загадъчен звяр – ягуара. За книгата си Гел-Ман казва: „... целта ми е да изразя възгледите си относно пораждащия се синтез в най-новите изследвания на света около нас, а именно, учението за простото и за сложното. Това учение започна да обединява по нов начин нашите знания от извънредно голям брой различни области на физиката, на биологията, на поведенческите науки и дори на изкуствата и на хуманитарните науки. Предлага гледна точка, която улеснява прокарването на връзки и то понякога между факти и идеи, на пръв поглед твърде далечни едни от други. Нещо повече, то започва да дава отговорите на някои от мъчителните въпроси за действителната същност на простотата и сложността, които мнозина от нас – независимо дали се занимават с наука или не – не престават да си задават“.

Тези интереси на Гел-Ман го карат да стане основател на Института Санта Фе (Santa Fe) в Калифорния, където учени – съмишленици обмислят появата на всичко – от езика до самия живот.

„Мъри Гел-Ман беше водеща фигура в историята на физиката. Поли-мат, познаващ фундаменталните закономерности на природата, и като такъв, тълкувател на връзките на физиката с други дисциплини, Мъри по-

могна да се определят подходите на поколения учени“. (Томас Розенбаум (*Thomas Rosenbaum*), президент на Калтек).

Благодарности

Авторът благодари за финансовата подкрепа на ФНИ, дог. КП-06-Н28/6.

Литература

<https://www.britannica.com/biography/Murray-Gell-Mann>

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1969/gell-mann/biographical/>

http://web.archive.org/web/20011120130443/www.geocities.com/omegaman_uk/gellmann.html

<https://hr.caltech.edu/news/caltech-mourns-passing-murray-gell-mann>

Nicholas P. Samios, Murry and the omega, *International Journal of Modern Physics A* **25**, No. 21, pp. 4005-4013 (2010)

<https://doi.org/10.1142/S0217751X10050536>

MURRAY GELL-MANN – „THE MAN WITH FIVE BRAINS“

N. Stoilova

Murray Gell-Mann is one of the greatest scientists of the 20th century, one of the founders of modern particle physics, the „father“ of quarks and one of the architects of the Standard Model. Despite all these, he had the passion for understanding how the world of culture, economy, ecology, human interactions, and language, evolved from the beautifully ordered fundamental laws of nature.

ИНТЕЛЕКТУАЛНАТА КАРТА КАТО СЪВРЕМЕНЕН МЕТОД НА ОБУЧЕНИЕ И ОЦЕНЯВАНЕ ПО ФИЗИКА – ЕДНА ИНТЕГРАЛНА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ФИЗИКАТА И ГЕОГРАФИЯТА*

Тамара Драганова, Анка Цончева

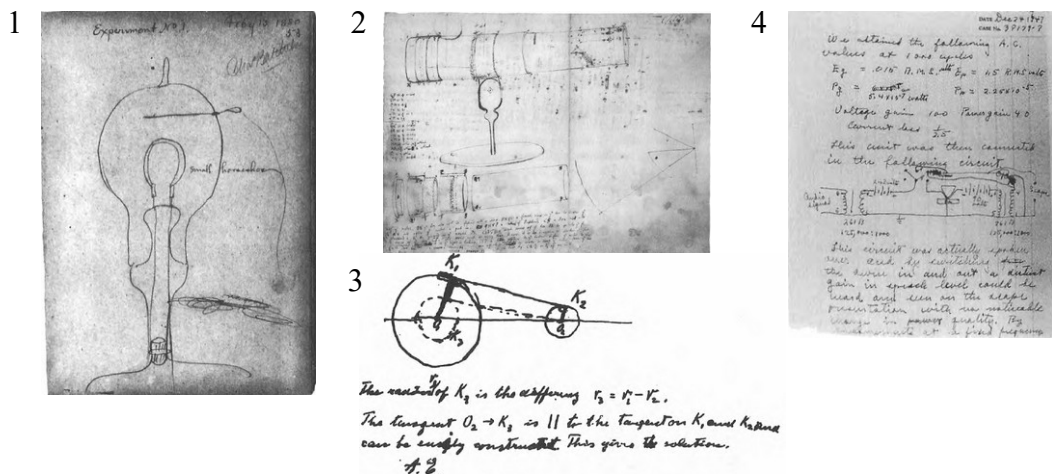
„Човешкият мозък е вълшебен стан, на който милиони светкавично бързи совадки тъкат една постоянноменяща се рисунка, винаги смислена, но никога постоянна, изменчива хармония на десени. Той е като Млечния път, вихрещ се в космически танц“.

Чарлз Шерингтън

Интелектуалните карти са иновативна образователна технология и активен съвременен метод на обучение и учене, която намира приложение в науката и образованието, политиката и икономиката и др. области на човешкия живот. Според Т. и Б. Бюзан интелектуалните карти са естествено проявление на лъчистото мислене, което *„отразява вътрешната структура и процесите в мозъка. Мисловните карти са външното огледало на лъчистото мислене“* [1]. С появата на *Homo sapiens* и развитието на човешкия интелект се откриват и първите следи от прилагане на интелектуалните карти на съзнателно и несъзнателно равнище. За предшественици на интелектуалните карти се приемат пещерните рисунки, черти, линии и символи, йероглифи и азбуки.

Човешкият разум е разгънат и еволюира с появата и разрастването на големите цивилизации, а доказателство за човешката мисловна революция са и умовете от миналото – великите мислители от човешката история: художници, писатели, учени, музиканти, мореплаватели и др., които *„са използвали по-широк набор от асоциации, начини на изразяване или способности да мислят лъчисто“* [1]. Много от „великите мозъци“ са оставили следи в своите записки и бележки, където са извели своя мисловен потенциал. Т. и Б. Бюзан обявяват, че великите учени на човечеството *„подсъзнателно са прилагали принципите на лъчистото мислене и мисловното картиране“*, както и значителна част от кортикалните умения – думи, букви, числа, формули, ноти, символи, цветове, картини, чертежи, логика, ритъм, пространство (Фигура 1).

*Доклад представен на 47-мата Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема „Интегрален подход в обучението по физика“, 4 – 7 април 2019 г., Велико Търново.

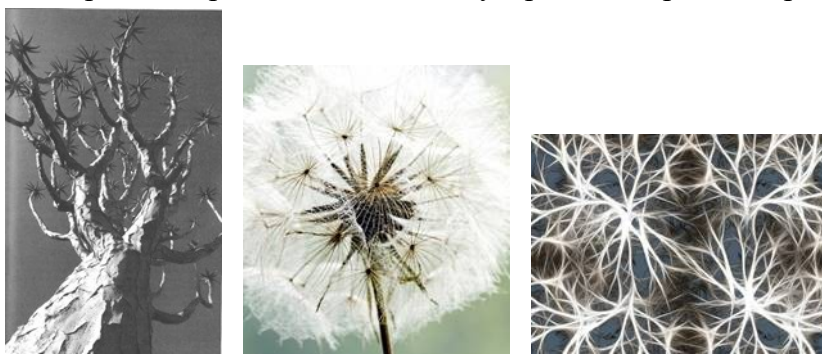


Фигура 1. Лъчистото мислене в бележки на учените – Томас Едисон (1), Исак Нютон (2), Алберт Айнщайн (3) и Уолтър Братан (4)

Съхранени са записките и бележките на учените, в които е визуализирана мозъчната мисъл, като асоциативна машина за лъчистото мислене (Фигура 1):

- Исак Нютон: схема на рефлекторен телескоп;
- Томас Едисон: рисунка на електрическа крушка от бележника му, 1880 г.;
- Алберт Айнщайн: схема за отговор на въпроса на едно момиченце;
- Уолтър Братан: записки от лабораторния бележник на лауреата на Нобелова награда от 23.12.1947, откриване на транзисторния ефект.

Интелектуалните карти са проектирани и като творение на природата или природната архитектура, която Т. и Б. Бюзан асоциират с техния визуализиран израз – мисловните карти (Фигура 2). Примери за интелектуални „природни“ карти са дървовидното алое, глухарчето, неврона, и др.

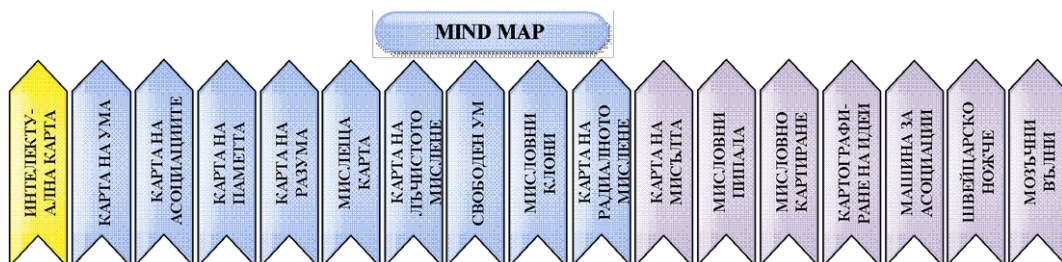


Фигура 2. Интелектуални карти в природната архитектура по Т. и Б. Бюзан [1]

Интелектуалните карти са графично-творчески синтез на паметта, асоциациите и мисленето [2, 3]. Чрез интелектуалните карти се генерира и обработва информация, като триизмерното картиране на идеите и личистото мислене стимулират визуализирането и нагледността, цялостното синтезиране и систематизиране, причинно – следственост, организираност и структурираност, последователност и асоциативност за търсене и развиване на идеи, решаване на проблеми и търсене на решения, разработване на проекти, развиване на креативността и въображението.

Според Т. Бюзан, интелектуалните карти са израз и сила на творческата интелигентност на всеки човек, което развива способностите – изобретателност, съобразителност, задълбоченост, асоцииране, самобитност, находчивост, логичност, ритмичност, системност, креативност и др. Всеки ученик е носител на уникален спектър от творчески, мисловни и интелектуални умения и възможности, които учителите в учебния процес трябва да открият, развият и усъвършенстват, в отговор на националните образователни приоритети, стандарти и на новите нормативни рамки от 2016 г. Обучението и ученето чрез интелектуалните карти в училищна среда се проявява като рефлексия и в живота на учениците извън класната стая, защото образователният процес включва обучение, възпитание и социализация. Прилагането на интелектуалните карти в училище е в пряка връзка с принципите на училищното образование за *„иновативност и ефективност в педагогическите практики и в организацията на образователния процес“* [3, 4].

В българската образователна система прилагането на интелектуалните карти като съвременен метод на обучение и оценяване по различните учебни предмети все още не е популярно и в достатъчна степен приложимо. Общоприето е да се нарича метод на интелектуалната карта, независимо, че има разнопосочни мнения, че това е образователна технология, стратегия, техника на учене и др., което не е обект на статията. В настоящата статия ще използваме наименованието – *интелектуална карта*, като в научната и научно-методическата литература може да бъде открит и под други наименования (Фигура 3).

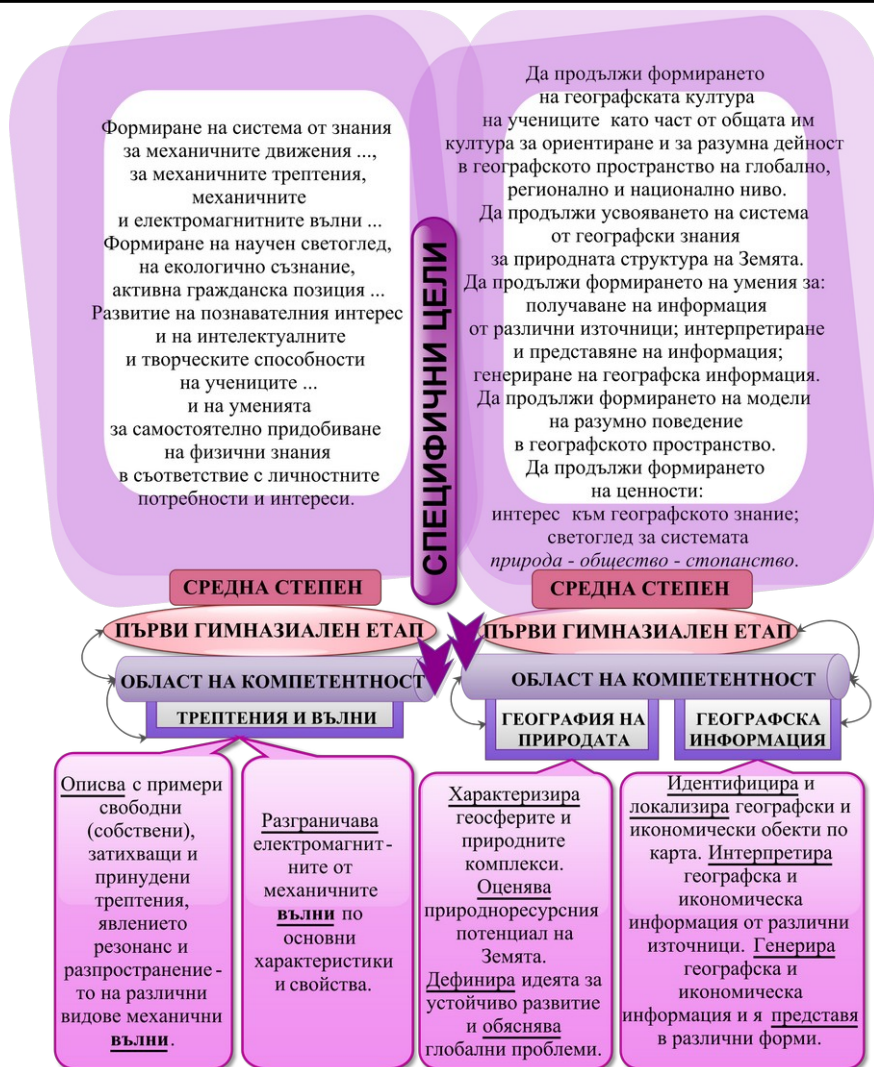


Фигура 3. Наименования на интелектуалната карта в специализираната литература

Интердисциплинарните връзки, взаимодействия и взаимозависимости на равнище обучение по физика и география са предмет на статията и носители на хоризонталната приемственост и обвързаност, конструирана на основата на обекта, чрез който се композира дидактическият цикличен синтез – интелектуалните карти. Направен е опит за една интегрална интерпретация на учебните предмети физика и география при синтезиране на учебното съдържание и смесен модел, и при холистичен вектор. Интелектуалните карти са инструмент, който позволява на учениците да възприемат, обработват и представят информацията в графичен вид, но не чрез графичен организатор, опорно-логическа схема или план-конспект, а чрез смислова и йерархична, причинно-следствена и асоциативна зависимост и връзки за формиране на метаинтердисциплинарни компетенции (когнитивни – как да се научим да учим, светогледни, организационни, контролни, креативни, комуникативни, личностни и др.). Методът стимулира учениците към активност и мисловен процес, а като графично изображение е *„инструмент, позволяващ ефективно да се структурира и обработва информация“* [2].

Радиалното мислене и обработка на информация е с начална точка на асоцииране и мозъчна атака – *вълните*, които са част от изучаването на учебното съдържание по физика и география по учебните програми, както и в първоизточника на нормативната рамка – държавните образователни стандарти. В контекста на специфичните цели на обучението в първи гимназиален етап на средната степен на образованието по физика и география имплицитно и експлицитно откриваме мястото и ролята на интелектуалните карти за реализиране на целите по област на компетентност (Фигура 4).

Не е обосновано в областта на компетентност *„Трептения и вълни“* очакваните резултати от обучението за знания, умения и отношения да не са обвързани с ключовите компетентности – *умения за общуване на чужди езици, социални и граждански компетентности, културна компетентност и умения за изразяване чрез творчество*. Трите ключови компетентности са приложими в обучението по физика при детерминирания очаквани резултати и са възможност учениците да търсят, обработват и представят информация от различни източници, в т.ч. и официални чуждестранни източници, които нямат превод на български език. Обучението по физика и география не е затворено в рамките на един учебник, един учебен час или между четири стени в класната стая или кабинета по физика, а е обучение за живота и формирането на знания, умения и поведенчески модели за разумно поведение при антропогенни и природни бедствия. Познаването на правилата за поведение при земетресения или ядрена авария е *„превантивна конфигурация и прокаран образователен коридор в обучението“* по физика и география с традиции в българското училище [6]. Познаването и разбирането, прилагането на правилата за защита и оцеляване на учениците в конкретни житейски ситуации,



Фигура 4. Графичен организатор на интегративен синтез по физика и география на ниво Държавен образователен стандарт [5]

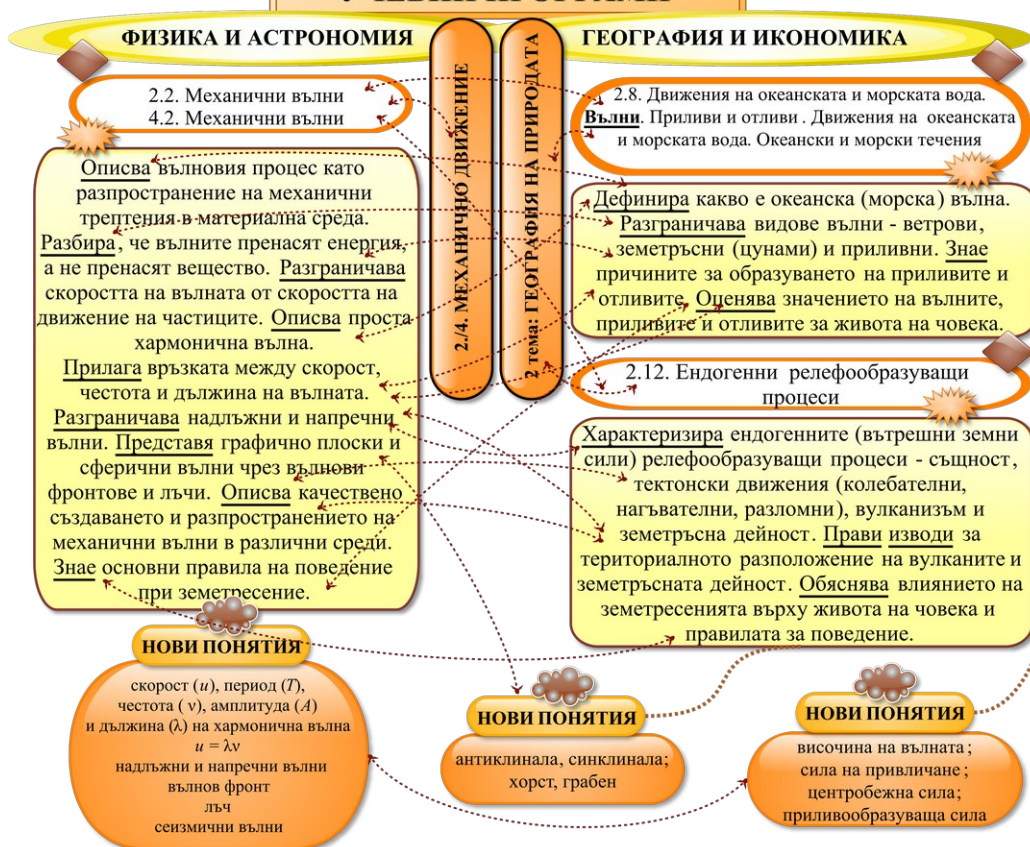
информираността за реални и случващи се процеси и явления на планетата в ноосферата е ключов момент в обучението за живота и ученето. Културните, социалните и гражданските ключови компетентности са необходимост за училищното образование и формирането на поведенческите модели и културата на човека като природен индивид и социо-културен субект. Формирането на уменията за изразяване на учениците чрез творчеството е вече изискване на самия учебен процес, на учениците и на съвременната интерактивна училищна среда на обучение. Пряк и активен начин за постигане на умение - то за изразяване чрез творчество е прилагането на метода на интелектуални - те карти в обучението по физика, защото една от функциите на мозъка като

асоциативен механизъм на лъчистото мислене е представянето на информацията именно чрез творчеството и творческото мислене. Аргумент в задължителното присъствие на творчеството в обучението по физика е обоснованата теза на Т. и Б. Бюзан, че *„интелектуалната карта е идеален метод за творческо мислене, защото използва всички умствени възможности, свързани с процеса на творчество, особено с въображението, асоциациите и гъвкавостта“* [7].

Творчеството е *„проекция на идеята от настоящето към бъдещето“*. Като съзнателно развитие на паметта и творчеството чрез интелектуални карти то е част и от специфичните цели и очакваните резултати от обучението за знания, умения и отношения за учебния предмет география и икономика, утвърдени за края на първия гимназиален етап по държавен образователен стандарт (ДОС) [5, 7]. Отново не е обоснована липсата на съотнасяне на очакваните резултати по области на компетентност – *География на природата* и *Географска информация* на ключови компетентности като: *умения за общуване на чужди езици, дигитална компетентност, социални и граждански компетентности, културна компетентност и умения за изразяване чрез творчество* и др. Интегративната необходимост е в съответствие с аргументите, представени и за обучението по физика, като се оценява и възможността за съставяне на интелектуални карти на хартия с цветни моливи или др. материали, в контекста на интегративност с учебния предмет – изобразително изкуство. В ерата на информационните технологии е ясно изведена необходимостта от тяхното прилагане в учебния процес, в т.ч. и по география, и конкретно при съставяне на интелектуални карти чрез софтуерни програми – *Buzan's iMindMap, MindMap, Free Mind, Mind Mapping* и др. Интегративната обучителна картина между физика, география, информационни технологии и изобразително изкуство води до повишаване ефективността на учебния процес.

Активните глаголи по физика и география за съдържателния вектор на очакваните резултати по ДОС са общо 10 активни глаголи: 2 по физика – *описва, разграничава*; 8 по география – *характеризира, оценява, дефинира, обяснява, идентифицира, интерпретира, генерира, представя*. Активните глаголи за края на първи гимназиален етап по география включват всички нива (познаване, разбиране, прилагане, анализиране, синтезиране, оценяване) по таксономията на Б. Блум, разпределени по когнитивни групи: фактическо, концептуално, процедурно и метакогнитивно знание [2, 8, 9]. Активните глаголи по физика са носители на концептуалната рамка на фактическото знание на таксономично ниво – познаване, което е допълнено чрез интегративния подход с активните глаголи от географията, както и от информационните технологии, изобразителното изкуство, българския език и литература и др. интердисциплинарни взаимосвързки.

УЧЕБНИ ПРОГРАМИ



Фигура 5. Интегративно-хоризонтален модел на изучаването на вълната по физика и география [8, 9]

Обосновано и доказано е реализирането на интегралния подход на основата на ключовите компетентности в учебните програми по физика и география в композираността и концептуалната идея за реализиране на междупредметни връзки, като една съхранена образователна традиция и ценност на обучението в българското училище. На ниво учебни програми по физика и астрономия и по география и икономика констатираме значителни интегративни връзки, взаимодействия и взаимозависимости по отношение на центъра на интелектуалната карта – вълни по учебно съдържание (Фигура 5). Учебните програми по физика и география при изучаване на вълните включват 11 активни глаголи от четирите когнитивни групи за реализиране на очакваните резултати – характеризира, прави изводи, обяснява, дефинира, разграничава (3 пъти), знае (2 пъти), оценява, описва (3 пъти), разбира, прилага, представя.

Интелектуалните карти могат да бъдат използвани и като инструмент за проверка на знанията, уменията и компетенциите на учениците по време на

различните типове уроци. Интелектуалните карти като многоизмерно мислене са образователна технология за *обучение* и *учене*, в т.ч. за контрол и оценяване/самооценяване на знанията, уменията и компетенциите на учениците. В процеса на контрол и самоконтрол интелектуалните карти са приложими и в репродуктивен, и в продуктивен аспект на конкретизиране и операционализиране на учебното съдържание. Интелектуалните карти могат да бъдат представени в различни варианти при контрол: с липсващи визуални аргументи, причинно-следствени връзки, образи, думи и символи; с единични понятия и закономерности; с вградени възможности за откриване на зависимости и връзки между обекти, процеси и явления.

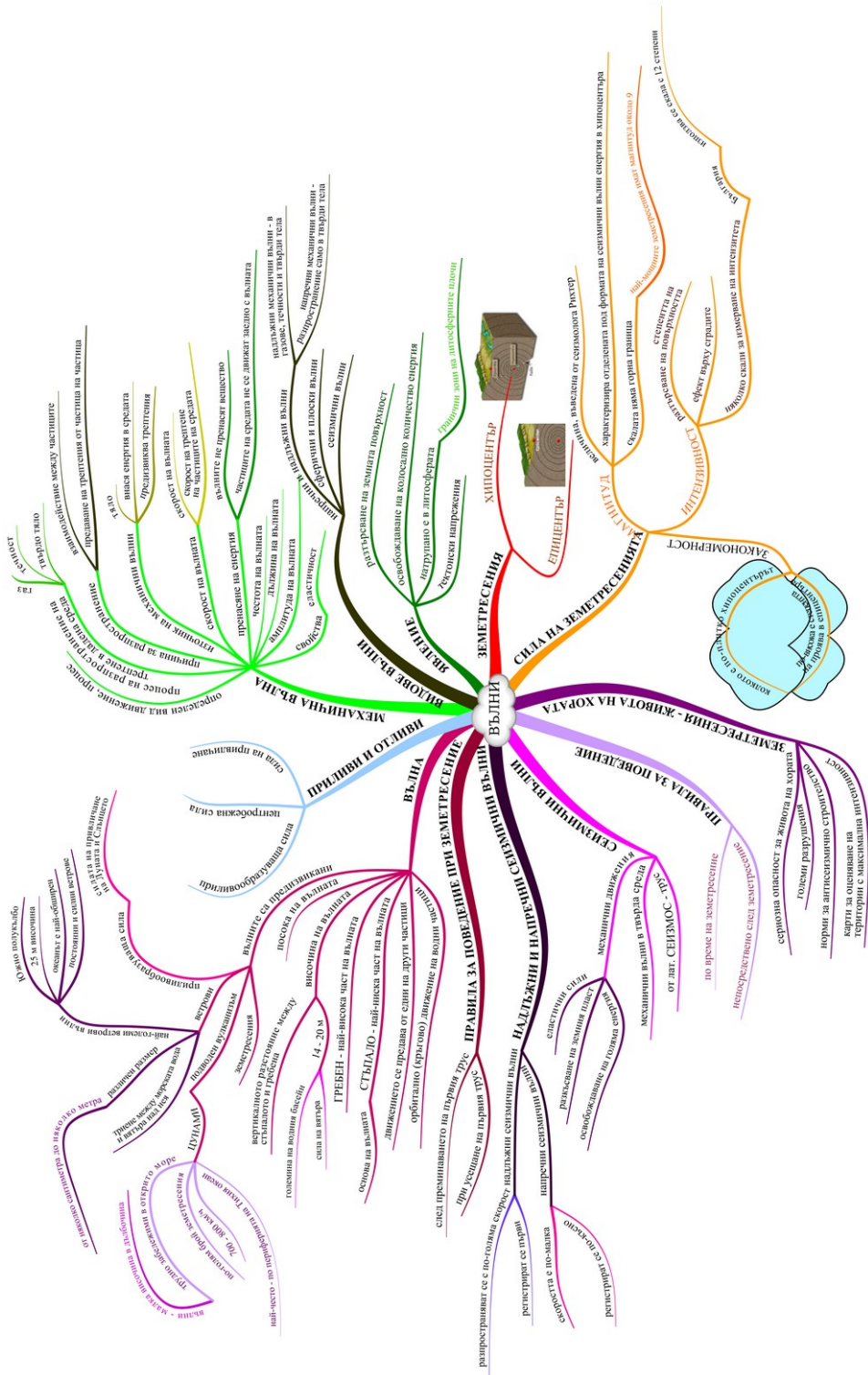
При оценяването на интелектуалните карти на учениците се прилагат различни модели на критерии за оценяване, защото към момента няма единен унифициран и стандартизиран оценъчен вариант. Един от общоприетите оценъчни модели включва четири основни критерия, приложими в обучението по физика и география:

- **оригиналност** (креативност, творчество) – способност за създаване на нов продукт, ново съдържание, нова форма и структура на съдържанието;
- **нагледност** (визуалност) – възможност за постигане на по-широк зрителен спектър чрез използването на условни знаци, символи, фигури, цветове;
- **задълбоченост** (комплексност и диференцираност) – умение за съчетаване на различни логически операции;
- **критично мислене** (да се мисли свободно, съзнателно да се гледат нови ориентири) [10].

Представената интелектуална карта е авторска и представя същността на интеграцията като синтетично единство и изграждане на цяло от части между *физика и астрономия* и *география и икономика* (Фигура 6). Съставени са общо 47 интелектуални карти за вълните от ученици, представени в изложбата „Интелектуална фантазия“ с учителите по физика – Анка Цончева и по география – Тамара Драганова.

Литература

- [1] Бюзан, Т., Б. Бюзан. Твоят ум може всичко – мисловни карти. С., СОФТ-ПРЕС, 2010, с. 28 – 29, с. 40, с. 43 – 46, с. 62 – 63, с. 318 – 329
- [2] Дерменджиева, С., П. Събева, Б. Димитрова. География и образование. Методика на обучението по география, I част. В. Т., УНИ „Св. св. Кирил и Методий“, 2010, с. 271 – 276
- [3] Бюзан, Т. Силата на творческата интелигентност. С., Изток – Запад, 2013
- [4] Закон за предучилищното и училищното образование, 2016
- [5] Наредба № 5/30.11.2015 г. за общообразователната подготовка



Фигура 6. Интелектуална карта на тема „Вълни“ – интегрално-съдържащелна интерпретация по физика и география [11, 12]

- [6] Драганова, Т. Модели на правила за разумно поведение по време на кризи от невоенен характер в учебниците по география и икономика. – В: Сб. доклади „Актуални проблеми на сигурността”, В. Т., ИК на НВУ „Васил Левски“, с. 503 – 516, 2018
- [7] Бьюзен, Т., Б. Бьюзен. Супермышление. М., ПОПУРРИ, 2003, с. 36, с. 151, с. 282
- [8] Учебна програма по география и икономика за VIII клас (общообразователна подготовка)
- [9] Учебна програма по физика и астрономия за IX клас (IX клас, 36 учебни часа)
- [10] Дерменджиев, А., С. Дерменджиева. Изработване на интелектуални карти и контент-анализ на учебно съдържание „Географски региони“. – В: Сб. „Геополитика, регионално развитие, географско образование“. В., Географски институт-БАН, 2002, с. 364 – 375
- [11] Дерменджиева С. и др. География и икономика 8. клас. С., Просвета, 2017
- [12] Максимов, М., И. Димитрова. Физика и астрономия 9 клас. С., Булвест 2000, 2018

INTELLECTUAL MAPS AS A MODERN METHOD OF TRAINING AND EVALUATION IN PHYSICS – AN INTEGRAL INTERPRETATION OF PHYSICS AND GEOGRAPHY

Tamara Draganova, Anka Tsoncheva

Intellectual maps that are a graphic and creative synthesis of memory, associations and thinking, help generating and processing of information, stimulating visualization, developing creativity and imagination. Interdisciplinary connections, interactions and interdependencies at the level of training in physics and geography are the subject of the article, carrying horizontal continuity and interconnectivity, constructed on the basis of the object, through which the didactic cycle synthesis – intellectual maps is composed. An attempt has been made for an integral interpretation between the subjects of physics and geography in synthesizing the teaching content and mixed model in a holistic vector. Intellectual maps can also be used as a tool to test students' knowledge, skills and competences during different types of lessons.

МОЕТО БЪДЕЩЕ НА СПЕЦИАЛИСТ – МЕЧТИ, ПЛАНОВЕ И РЕАЛНОСТ*

Боряна Ненова

Измина една година от първото ми есе на тази тема. Аз уж не съм се променила, а мислите и вижданията ми са съвсем различни.

Какво означава да бъдеш специалист? Бях мислила много по тази тема. Според тълковния речник да си специалист означава да владееш някаква специалност, да бъдеш вещ, опитен, компетентен в дадена сфера.

Вече съм един завършил физик. Истината е, че това беше моята мечта. Да се занимавам с физика.

Малко по малко мечтата ми ставаше реалност. Още в училище започнах да участвам в различни състезания и да се интересувам от физиката извън учебния материал. После положих изпити, за да бъда приета в тогава Физическия факултет на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“. Започнах да вземам успешно изпитите си, продължих да се занимавам допълнително с теми, които ми бяха интересни. Харесваше ми да намирам решения на проблеми, да наблюдавам и изследвам различни процеси и явления, да задавам въпроси. Движещият въпрос, разбира се, беше: „Защо?“ и след всяко *защо* следваше ново. И сега, когато вече съм завършила една степен, знам колко много не знам. Трябваше да науча толкова много, за да разбера, колко много не знам. Всеки ден научавам нови неща в университета, на работа.

Преди една година смятах, че истинските специалисти не стоят зад бюра, а сега аз стоя зад бюро и създавам цял един нов свят, който може да се побере в моята ръка. За мен все още синоним на бъдеще е образование. Но аз се отдалечих от мечтата си. Казват, че мечтите се сбъдват, но времето им може да е минало. За щастие не сбъднах тази моя мечта, защото времето ѝ беше безвъзвратно отминало. Сякаш пораснах за една година повече отколкото за двацет.

Отстрани изглежда, че сутрин отивам на работа, пия кафе, попълвам малко документи, изпращам няколко електронни писма и така – до края на работния ден. Истината е, че всеки ден правя различни неща, всеки ден уча нещо, всеки ден някой научава нещо от мен и всеки ден създавам нещо ново. Преди десет години един мрежов комутатор е бил голям колкото цял един ог-

*Носител на стипендията на фондация „Еврика“ за постижения в овладяването на знания в областта на физиката на името на акад. Георги Наджаков за уч. 2019/2020 г.

ромен шкаф, струвал е повече от един милион долара и му е била нужна енергия, колкото захранването на една цяла улица. Днес това не е така. Комутаторът струва около две хиляди долара, трябва му само десет киловата мощност и е голям колкото една човешка длан. За десет години промяната е огромна, но тя не се е случила изведнъж, а с работа всеки ден. Всеки ден, малко по малко.

Моето бъдеще на специалист е свързано точно с това, след десет години да има още по-евтини мрежови комутатори, да имат нужда от още по-малко енергия и да заемат още по-малко място. Да бъдеш специалист означава всеки ден да ставаш все по-добър, всеки ден да търсиш решения. Да бъдеш специалист не е конкретна дестинация, а насока. Вярвам, че съм тръгнала в посоката на бъдещето, а именно развитието на технологиите.

Технологиите вече са неизменна част от нашето ежедневие, изпращаме снимки за секунди, виждаме се с близки на хиляди километри, научаваме новини секунди, след като са се случили, поръчваме храна от телефона. Само допреди няколко години не сме си представяли, че ще си говорим и ще се виждаме през телефоните си, а сега всеки един телефон има капацитет на ракета, готова за изстрелване в Космоса. Технологиите са нашето бъдеще, но аз не искам само да съм в бъдещето, искам да участвам в изграждането на бъдещето. Това може да стане само с упоритост и жажда за знания. Знанието е сила, знанието е нашето бъдеще. Светът върви напред благодарение на знанието, светът се движи от хората, които градят, а не от тези, които разрушават. Аз искам да бъда от тези хора, създаващите, мислещите.

Светът на физиката и инженерните технологии е необятен. Започнеш ли да се занимаваш с една толкова сериозна наука, няма как да спреш. Дава възможност да се развиваш в безброй направления. Всеки дял от физиката колкото е теоретичен, толкова е и практически. Ако се огледаме около нас, всичко е физика – движението, дъгата, електричеството. При подходяща подготовка, желание и знания всеки един млад специалист ще има възможност да се доказва на различни места, в различни области. Светът е голям и реализация дебне отвсякъде!

Харесайте страницата на списанието във facebook

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

ДОЦЕНТ Д-Р МИХАИЛ БУШЕВ (1936–2019)



На 12 декември 2019 г. ни напусна доц. д-р Михаил Бушев, почетен член на Съюза на физиките в България (2017), дългогодишен зам.-главен редактор на „Светът на физиката“ (1994 – 2014), член на Управителния съвет на СФБ (1998 – 2010) и национален кореспондент на сп. *European Journal of Physics* (1998 – 2000).

М. Бушев получава научната степен „кандидат на физико-математическите науки“ в Московския държавен университет под ръководството на Нобеловия лауреат по физика за 2003 г. А. А. Абрикосов. Творческият му път е свързан с Института по физика на твърдото тяло „Акад.

Георги Наджаков“, където работеше до пенсионирането си през 2003 г. Научните му изследвания са в областта на физиката на твърдото тяло и физиката на ниските температури, но неговият широк физически кръгозор му позволи да направи съществени приноси и в синергетиката, и в историята, и във философията на физиката, и др.

Автор е на над 130 научни и научно-популярни статии в западни, руски и български списания, сред които десетки статии по актуални и исторически въпроси на физиката в сп. „Светът на физиката“; 3 монографии, една от които (*Synergetics: Chaos, Order, Self-organization, 1994, World Scientific, Singapore – New York – London et al.*) е удостоена с почетната награда на БАН (1994). Беше редактор на учебници по физика на английски език; редактор на Реферативен журнал – БАН на английски и руски език; участник в радио- и телевизионни дискусии, в научни конференции; преподавател в Софийския университет по синергетика, методология и философия на науката, в Шуменския и Югозападния университет по термодинамика и статистическа физика и по методика на физиката – курс за специализация на учители по физика, химия и математика и др.

В статия на М. Бушев, публикувана във френското списание „*Annales de la Fondation Louis de Broglie*“ (vol. 25, №3 – 4, 2000), той нарича 1905 г. чудотворна (*Annus Mirabilis*), тъй като през нея А. Айнщайн прави три фундаментални открития в три научни области, определили не само в научен, но в много отношения и в глобален смисъл облика на света: квантовата теория (фотоефект), теорията на полето (Специална теория на относителността) и

статистическата физика (Брауново движение). Тази статия дава идеята по предложение на Третия световен конгрес на физическите съюзи (Берлин, декември 2000), ООН и ЮНЕСКО да обявят 2005 за Световна година на физиката.

Доц. Бушев беше прекрасен и много активен преводач с водещ девиз: *„По-добре български превод на качествен оригинал, отколкото слаб български оригинал“*. Неговите преводи от английски, френски и руски език обогатиха българската научна литература с експертно преведени 25 монографии – шедьоври на видни учени (А. Айнщайн, М. Гел-Ман, Ст. Хокинг, Р. Пенроуз и др.). За рубриката *„Четиво с продължение“* на сп. *„Светът на физиката“* превеждаше (най-често със съкращения) интересни биографични книги за бележити физици, обикновено придружени с кратки встъпителни бележки и с множество пояснителни бележки. Беше член на Съюза на преводачите в България (СПБ) и два мандата председател на неговия Контролен съвет. Носител е на наградите на СПБ *„За ярки постижения в областта на превода на научна и техническа литература“* (2010) и *„За цялостна преводаческа дейност“* (2015).

Трудно е накратко да се представи забележителната личност на доц. д-р Михаил Бушев. Ще добавим, че в един период от живота си (1980 – 1985) той беше съветник в Постоянното представителство на НРБ в ООН, Ню Йорк, многократно избран за зам.-председател на Комитетите по наука и технология, по космоса, по нови и възобновяеми източници на енергия и др. Беше член на Клуба за научна фантастика *„Иван Ефремов“* и на Българското общество *„Ф. М. Достоевски“*.

Дълбок поклон пред светлата памет на доц. д-р Михаил Бушев!

Редакционна колегия на сп. *„Светът на физиката“*

ДОЦЕНТ Д-Р ВЕРА ХАДЖИМИТОВА
(1965 – 2019)



На 3 декември 2019 г. завърши житейския си път нашата колежка доц. д-р Вера Хаджимитова, член на УС на Съюза на физиците в България, преподавател в катедра „Медицинска физика и биофизика“ в Медицинския факултет на МУ – София.

Доц. Хаджимитова беше член на УС от 2011 г., но и преди това се включваше активно в организационния живот на нашия Съюз, най-вече в ежегодните Национални конференции по въпросите на обучението по физика, отначало като участник с доклад, а впоследствие и като член на Организационния комитет. С ентузиазъм участваше в журитата на Младежката научна сесия по време на конференциите и на Националния фестивал „Наука на сцената“, организираше постерни студентски научни сесии, активно и с чувство на отговорност безрезервно се включваше във всички инициативи на СФБ, без да търси признание за своите заслуги. Дори по време на болестта си беше съпричастна към всички проблеми и прояви на СФБ.

Организационен опит в обучението по медицинска физика и биофизика на студенти Вера Хаджимитова придобива, след като през 1989 г. става административен асистент в Катедрата по медицинска физика. Четеше лекции и водеше упражнения по медицинска физика за специалностите: медицина, дентална медицина, фармация, медицинска сестра, акушерка, инспектор по общественото здраве; по биофизика за специалностите: медицина, дентална медицина, фармация, ерготерапия; в избираеми курсове: „Свободнорадикални процеси и оксидативен стрес“, „Физични методи за диагностика и терапия“. Беше съорганизатор на кръжок и свободноизбираем курс, който всяка година беше посрещан с интерес и радост от страна на мотивирани студенти, имащи желания за изява на различни научни мероприятия. Почти до последните си дни тя ходеше в университета да чете лекции на студентите и не изостави ръководството на свои докторанти и кръжочници.

Доц. Хаджимитова беше магистър физик със специализация по оптика и спектроскопия, специалист по медицинска и санитарна физика, доктор по биофизика. Научните ѝ изследвания бяха в областта на биофизиката – свободнорадикални процеси в *in vitro* моделни системи. Автор и съавтор е на 26 публикации в списания с импакт фактор, 4 – в български реферирани списа-

ния, множество статии в сборници от научни конференции. Без да се броят автоцитиранията, според *SCOPUS* и *ISI Web of Knowledge* тя има 182 цитирания и h индекс = 7.

Доц. Вера Хаджимитова беше личност с чувство на отговорност към проблемите на научната и преподавателската общност. Беше човек с голямо сърце, в което имаше топлина и обич към колегите, студентите, приятелите... Винаги усмихната и добронамерена, коректна в отношенията си с всички, тя беше отговорна и прецизна в преподавателската, научната и обществената си дейност. Тя проявяваше борбеност във всяка една сфера от живота си – когато отстояваше мнението си, когато подкрепяше студентите си. Дори в тежките моменти винаги подхождаше оптимистично с присъщото ѝ чувство за хумор, което помагаше и на хората около нея при преодоляване на възникналите препятствия.

Нейната отзивчивост и почтеност, компетентност, интелигентност, честност, висок професионализъм и морал ще останат като пример за достойно и смислено изминати жизнен и творчески път!

Загубата ѝ за СФБ е огромна и невъзвратима. С много обич и мъка се прекланяме пред светлата памет на нашата колежка и приятелка доц. д-р Вера Хаджимитова.

Вечна ѝ памет!

Управителен съвет на Съюза на физиците в България

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.

**Издаването на настоящия брой на списанието
е с финансовата подкрепа на
Европейското физическо дружество.**



Корица: Илюстрация на свръхмасивната черна дупка в центъра на Млечния път (© NASA/exc/M.Weiss).

НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. д.т.н., Технически университет, София;
Мариана Кънева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;

Бойко Георгиев – д-р, Съюз на физиците в България;

Алексей Левин – научен журналист и науковед, Вашингтон

Динко Динев – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Стефан Лалковски – доц. д-р, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

Николай К. Витанов – проф. д.м.н., Институт по механика – БАН;

Ана Георгиева – проф. д.фз.н., Съюз на физиците в България;

Вълкан Горанов – главен редактор на сайта за наука и технологии
MediaBricks.bg;

Митко Гайдаров – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Нели Стоилова – доцент, д.фз.н., Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Тамара Драганова – гл. ас., д-р, Великотърновски университет
„Св. св. Кирил и Методий“, Велико Търново;

Анка Цончева – учител, Професионална хуманитарна гимназия;

Боряна Ненова – студент I курс магистър, специалност „Фотоника и модерни оптични технологии“, Физико-технологичен факултет, Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“.

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

РЕДАКЦИОННО

ИНТЕРВЮ

– проф. А. Драйшу: Развитието на науката предполага приемственост, надграждане, натрупване и осмисляне на знания

НАУКА

– М. Кънева – Лазерни методи при реставрация и консервация на кавалетна живопис (част III)

НАГРАДИ

– „Доктор хонорис кауза“ за Нобеловия лауреат проф. Жерар Муру
– Наградата за пробив във фундаменталната физиката за 2019 г.

НАУЧНИ ПРОЕКТИ

– Проект „Физика за всеки“
– Разработва се нова Национална научна програма за космически изследвания

НАУЧНИ НОВИНИ

– С. Лалковски – GSI – възобновяване на експерименталната програма

ЛЮБОПИТНО

– А. Левин – Черната дупка в галактика M87: портрет в интериор

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– Н. К. Витанов – Коледни размисли за науката и наукометрията
– А. Георгиева – Последващо събитие на международния фестивал „Наука на сцената – 2019“ в Португалия
– В. Горанов – Science Bricks: Наука с кауза

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

– М. Гайдаров – България е отново член на IUPAP

PERSONALIA

– Н. Стоилова – Мъри Гел-Ман – „човекът с петте мозъка“

ФОРУМ ЗА УЧИТЕЛИ

– Т. Драганова, А. Цончева – Интелектуалната карта като съвременен метод на обучение и оценяване по физика

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

– Б. Ненова – Моего бъдеще на специалист – мечти, планове и реалност

IN MEMORIAM

– Доцент д-р Михаил Бушев
– Доцент д-р Вера Хаджимитова

EDITORIAL 1

INTERVIEW

– prof. A. Dreischuh: Development of science supposes continuity, upgrade, accumulation and thorough understanding of knowledge 4

SCIENCE

– M. Kuneva – Laser methods in restoration and conservation of easel painting (part III) 15

AWARDS

– Doctor Honoris Causa for the Nobel Laureate Prof. Gerard Mourou 31
– 2019 Special Breakthrough Prize in Physics 34

SCIENTIFIC PROJECTS

– Project „Physics for everybody“ 39
– A new National Space Science Program is being developed 40

SCIENCE NEWS

– S. Lalkovski – Renewal of the experimental program in GSI 43

CURIOUS

– A. Levin – Black hole in galaxy M87: portrait in the interior 45

SCIENCE AND SOCIETY

– N. K. Vitanov – Christmas Reflections on Science and Scientometrics 54
– Ana Georgieva – Follow-up event of the International „Stage Science Festival – 2009“ in Portugal 65
– V. Goranov – Science Bricks: Science with a cause 69

UNION LIFE

– M. Gaydarov – Bulgaria is again a member of IUPAP 73

PERSONALIA

– N. Stoilova – Murray Gell-Mann – „the man with five brains“ 76

TEACHERS FORUM

– T. Draganova, A. Tsoncheva – Intellectual maps as a modern method of training and evaluation in physics 80

YOUNG RESEARCHERS

– B. Nenova – My future as a specialist – dreams, plans and reality 90

IN MEMORIAM

– Assoc. Prof. Dr. Mihail Bushev 92
– Assoc. Prof. Dr. Vera Hadjimitova 94