



СЪЮЗ
НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

1/2'16

СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ

СВЕТЪТ

НА

ФИЗИКАТА

С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XXIX, кн. 1-2, 2016 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

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

Никола Балабанов

Мариана Кънева

Радостина Камбурова

Лилия Атанасова

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

Nicola Balabanov

Mariana Kuneva

Radostina Kamburova

Liliya Atanasova

ВОДЕЩ БРОЯ: **Сашка Александрова**

Volume Editor: **Sashka Alexandrova**

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,

Бул. „Джеймс Баучер“ No 5

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

Изминалата година премина под знака на Международната година на светлината и светлинно-базираните технологии 2015.

Една от основните цели беше да се повиши осведомеността в световен мащаб относно многото начини, по които науката за светлината – фотониката и свързаните с нея технологии могат да предложат решения за проблеми от световно значение, като подпомогнат устойчивото развитие в много области, включително енергетиката, селското стопанство, здравеопазването и образованието, борба с климатичните промени.

Международната година на светлината беше отбелязана с много различни дейности по целия свят, включително с научни конференции, художествени проекти и изложби, обучителни семинари, фестивали и много други, достигащи до десетки милиони хора в общо 148 страни.

У нас също бяха организирани културни и образователни дейности за научната и широката общественост. Темите включваха светлината и здравето, светлината в науката за живота, в архитектурата и градската среда, нови източници на светлина за осветление и за научни изследвания, оптика и фотоника, история на оптиката, приложение на светлината за опазване и експониране на културното наследство и в областта на научното образование.

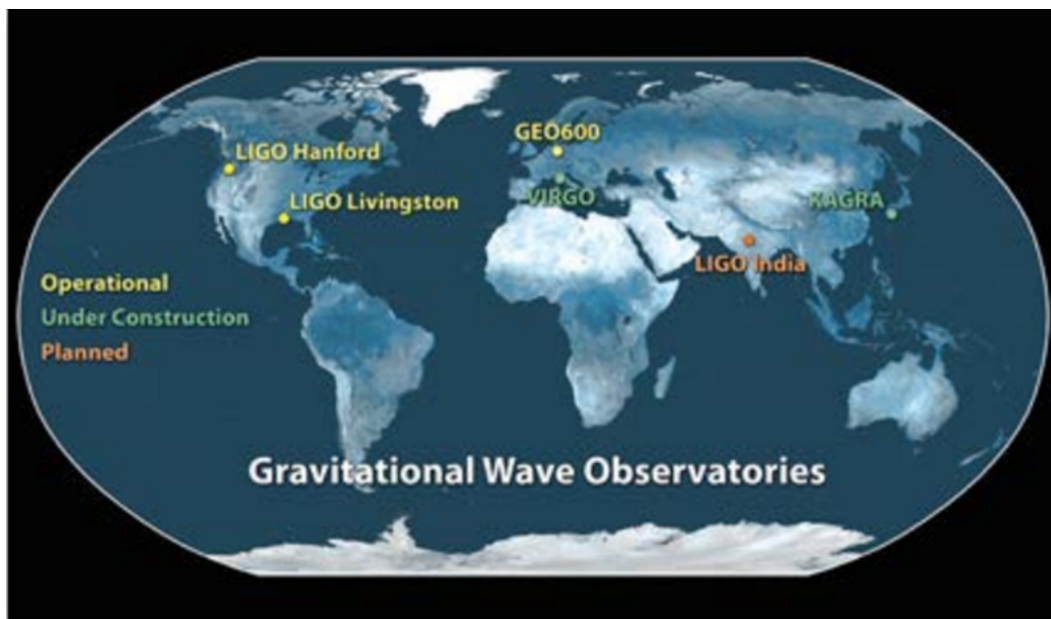
В началото на 2016 г. Годината на светлината беше официално закрыта, но благодарение на многобройните инициативи и мероприятия, нейният дух и ентузиазъм продължават чрез различни събития и дейности по целия свят.

Не само *светлинните вълни* провокираха интереса към науката сред широката публика. Съобщението за първото директно експериментално доказателство за съществуването *гравитационните вълни*, предсказани от А. Айнщайн преди малко повече от 100 години, беше обявено официално. За физиката това е грандиозно събитие. Това не е просто поредното потвърждение на Общата теория на относителността на А. Айнщайн, а е постижение в резултат от впечатляващата работа в областта на теоретичната и приложната физика, инженерството, техническите разработки и решения и международното сътрудничество. Прецизни измервания позволиха да се регистрират малките смущения в пространството и времето, когато вълните минават през Земята.

Това постижение стана възможно след многогодишна съвместна работа на учени и инженери от различни страни и различни континенти и е пример за това, как комбинацията от фундаментални и приложни изследвания може да разшири хоризонтите на научните познания.

Сега големият въпрос е: ще бъде ли дадена Нобеловата награда по физика за 2016 г. за откриването на гравитационните вълни?

Наличието на повече обсерватории по земното кълбо ще даде възможност на учените да локализируют източниците на гравитационни вълни, идващи от космоса.



Световната мрежа обсерватории за наблюдение на гравитационни вълни. Действащите в момента обсерватории, показани в жълт цвят, са двата ЛИГО (LIGO – Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) детектора в Ханфорд, Вашингтон и Ливингстън, Луизиана, и детектора GEO600 в Хановер, Германия. Обсерваторията Вирго (VIRGO) в Италия се очаква да заработи още през 2016 г., а КАГРА (KAGRA – Kamioka Gravitational Wave Detector) в Камиока, Япония – през 2018 г. (зелен цвят). Планира се строеж на обсерватория и в Индия (червен цвят).

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

**СНИМКИТЕ И ФИГУРИТЕ СА ЦВЕТНИ В ОНЛАЙН
ВЕРСИЯТА НА СПИСАНИЕТО**

СПЕКТРАЛНА ЕЛИПСОМЕТРИЯ И НЕЙНИТЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

II. Моделиране и анализ на експерименталните данни

Пенка Терзийска

Увод

Спектралната елипсометрия е мощен метрологичен метод, който намира приложение както в много индустриални области, така и в науката и технологиите на материалите. Тя се използва за определяне на дебелината на тънки слоеве, оптичните константи на материалите, както и за характеризиране на състава, качеството на кристалите, повърхнинната грапавост, концентрацията на легиращите примеси и други свойства, които могат да променят отклика на материала при оптични въздействия. Спектралната елипсометрия се прилага в изследването на диелектрици, полупроводникови материали, метали, свръхпроводници, органични материали, биопокрития и композитни материали [1].

В настоящата статия са представени накратко принципите на елипсометрията, както и някои примери за характеризиране на тънки слоеве и обемни материали, измерени в Института по физика на твърдото тяло при Българската академия на науките с новозакупения по проекта INERA (REGPOT-2012-2013-1) спектрален елипсометър *Woollam-M2000D* (*J.A. Woollam Co.*).

Основи на спектралната елипсометрия

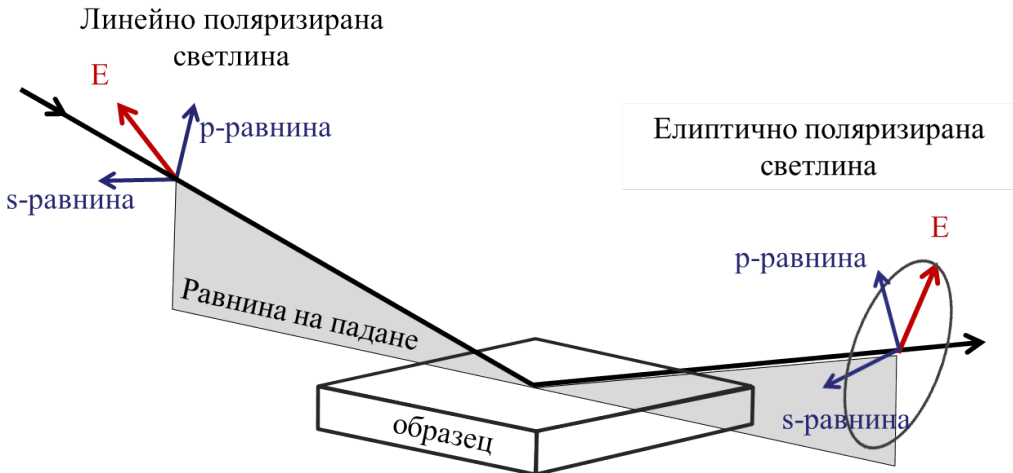
Елипсометрията измерва промяната на поляризацията на светлината при отражението или преминаването ѝ през даден образец. Светлината, като електромагнитна вълна, се описва с векторите на интензитета на електричното поле $\mathbf{E}$ и магнитната индукция $\mathbf{B}$, които трептят в две взаимно перпендикулярни равнини, перпендикулярно на посоката на разпространението ѝ. Тъй като електричното поле $\mathbf{E}$ има най-силно въздействие върху електроните от веществото, то интензитетът на електричното поле се използва за определяне на поляризационното състояние на светлината. Естествената светлина е неполяризирана, тъй като векторите на електричното поле трептят хаотично в различни посоки. Ако те трептят в една равнина, светлината е поляризирана. В най-общия случай векторът на електричното поле на поляризираната светлина описва елипса, затова такава светлина се нарича елиптически поляризирана, откъдето произтича и наименованието на метода „елипсометрия“.

Поляризационното състояние на светлината се описва с отношението на амплитудите (Ψ) и фазовата разлика (Δ) на успоредно и перпендикулярно по-

ляризираните компоненти спрямо равнината на падане [1,2]. Тази промяна се описва с елипсометричното уравнение

$$\rho \equiv \frac{r_p}{r_s} = \tan \Psi e^{i\Delta},$$

където $r_p = \frac{E_{rp}}{E_{ip}}$ и $r_s = \frac{E_{rs}}{E_{is}}$ са комплексните коефициенти на отражение на Френел за дадения образец за p- (успоредно на равнината на падане) и s- (перпендикулярно на равнината на падане) поляризираната светлина [1], [3].

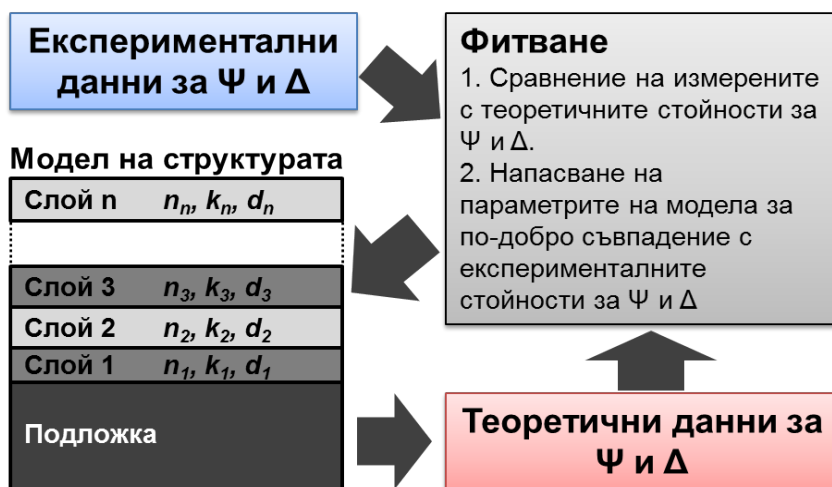


Фигура 1. Типична схема на едно елипсометрично измерване: линейно поляризирана светлина се отразява от повърхността на образца и се измерва промяната на поляризацията на светлината при отражение от образца [3].

Тъй като се измерва отношението на две величини, елипсометрията дава много прецизни и възпроизводими измервания, като не е необходимо да се използва референтен образец. Елипсометричните величини Ψ и Δ могат да бъдат измервани при различни ъгли на падане и във функция от дължината на вълната (спектрална елипсометрия). Това дава допълнителна информация и спомага за по-точното определяне на неизвестните оптични параметри на материала. Анализът на експерименталните данни се базира на уравненията на Френел за отражение на поляризирана светлина от образца и преминаването ѝ през него.

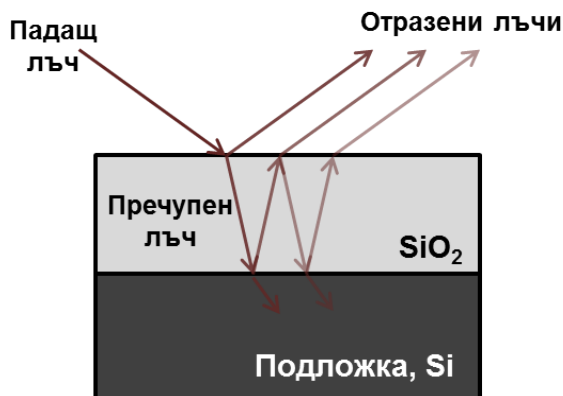
Анализ на експерименталните данни

Елипсометрията е индиректен метод. Експериментално можем да получим данни за елипсометричните величини Ψ и Δ за системата (най-често това е многослойна структура или в частност обемен материал) като цяло. За да извлечем оптичните параметри на даден слой (дебелина и оптични конс-



Фигура 2. Принципна схема за анализ на елипсометричните данни [3].

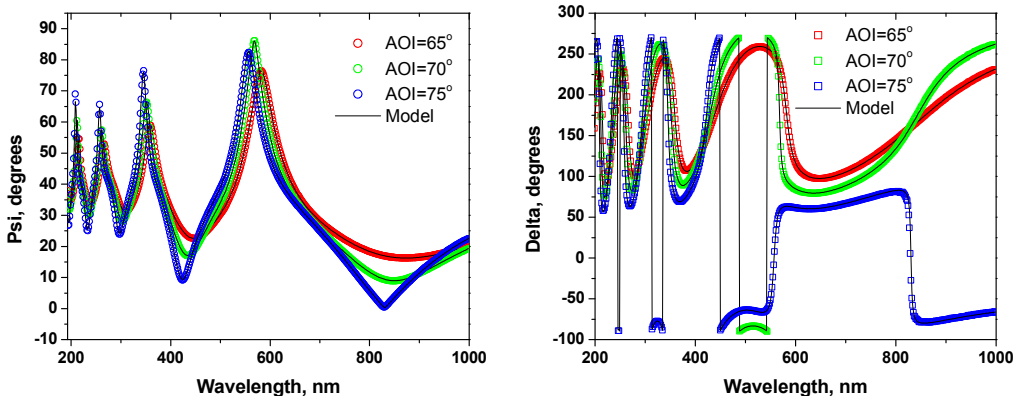
танти) от тази комплексна система, е необходимо от оптичния отклик на реалната система да определим търсените параметри за реалната система, които ни интересуват. За тази цел е необходимо да я представим като структура от един или повече слоеве, която в максимална степен да съответства на реалната структура. Всеки слой от тази моделна структура се дефинира със своите оптични константи – показател на пречупване n , коефициент на екстинкция k (или комплексна диелектрична константа $\hat{\epsilon}$) и дебелина на слоя d . Всички неизвестни параметри на изследваната структура могат да бъдат определени чрез числено моделиране (фитване) на експерименталните данни за Ψ и Δ за общата структура. Броят на неизвестните параметри не трябва да превишава броя на експерименталните данни. На Фигура 2 нагледно е представена принципната схема на гореописания процес на анализ на елипсометричните данни.



Фигура 3. Оптичен модел на образеца

Най-напред се измерват елипсометричните ъгли Ψ и Δ в определен спектрален диапазон и при зададените от нас ъгли на падане на светлинния лъч. След това се съставя модел (послоен) на оптичната структура на образеца. За тази моделна система се решават уравненията на Френел, за да се получат теоретичните стойности за Ψ и Δ . Последните се сравняват с експериментално получените стойности за Ψ и Δ . Ако няма добро съвпадение на теоретичните с експерименталните за Ψ и Δ , избраната моделна структура не съответства на реалната структура на образеца и моделът трябва да бъде променен. Този процес се повтаря, докато се намери най-доброто съвпадение между теорията и експеримента. Добър оптичен модел и съответно добро съвпадение на експерименталните и теоретичните данни е възможно да бъде намерено за повечето материали и структури.

По-долу е представен един реален пример за измерване на дебелината на слой от термично израснат силициев диоксид върху силициева подложка. Послойната структура на образеца е следната: силициева подложка, която е поглътщаща в спектралния диапазон 193 – 1000 nm и слой от термично израснат силициев диоксид, който е прозрачен (Фигура 3).



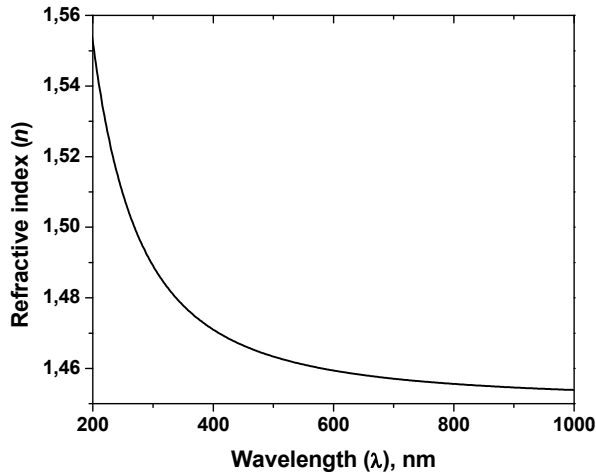
Фигура 4. Експериментални и теоретични дисперсионни криви на $\Psi(\lambda)$ и $\Delta(\lambda)$ при ъгли на падане на светлинния лъч 65° , 70° и 75°

Експерименталните и теоретичните дисперсионни криви на $\Psi(\lambda)$ и $\Delta(\lambda)$ при ъгли на падане 65° , 70° и 75° са представени на Фигура 4. За определянето на оптичните константи на слоя от силициев диоксид е използвано дисперсионното уравнение на Коши за прозрачни слоеве $k(\lambda)=0$):

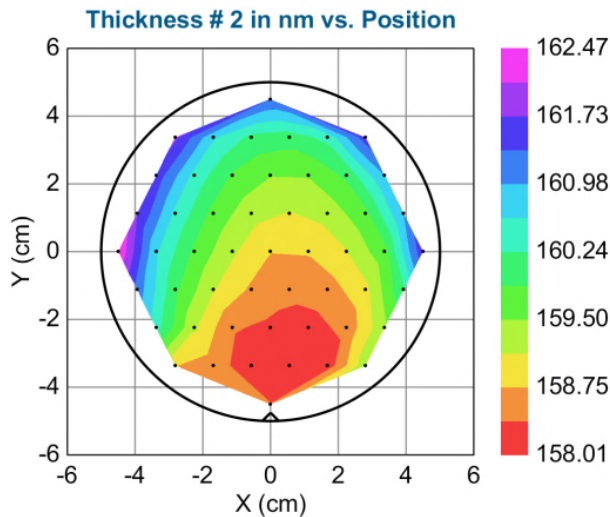
$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}.$$

Неизвестните параметри, които определяме от фитването, са дебелината на слоя от силициев диоксид $d = 380$ nm и параметрите $A = 1.45$, $B = 0.0029 \text{ nm}^2$ и $C = 4.52 \cdot 10^{-5} \text{ nm}^4$ от дисперсионното уравнение на Коши.

Дисперсията на показателя на пречупване, определена от анализа на експерименталните данни, е показана на Фигура 5.



Фигура 5. Спектрална зависимост на показателя на пречупване на силицев диоксид.



Фигура 6. Изменение на дебелината на слой от цинков оксид върху силицева пластинка с диаметър 4 инча

Описаните по-горе измервания и анализи са направени само за една точка от образца. Ако бъдат снети и анализирани елипсометрични данни от различни точки от повърхността на образца, можем графично да предста-

вим изменението на дебелината на даден слой, неговите оптични константи или други параметри под формата на двумерна графика. Такъв вид измерване и анализ на изменението на дебелината за слой от цинков оксид, отложен върху силициева пластинка с диаметър 4 инча, е представено на Фигура 6. Този вид анализи могат да бъдат много полезни за технологията на отлагане на тънки слоеве, тъй като показват хомогенността на отлаганите слоеве на дадена площ.

Измервателна апаратура

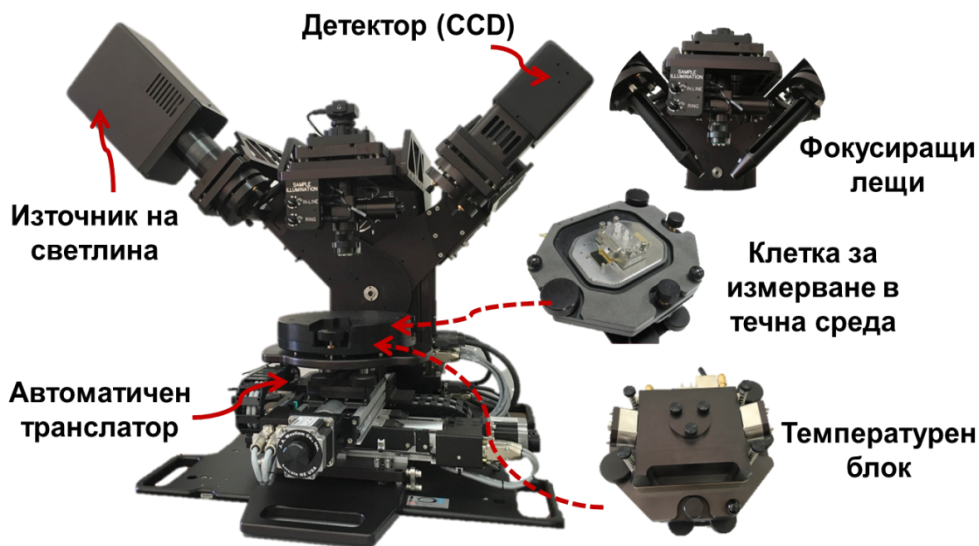
Основните оптични елементи на един елипсометър са: източник на светлина, генератор на поляризирана светлина, образец, анализатор на поляризирана светлина и детектор. Генераторът на поляризирана светлина и анализаторът са конструирани от оптични елементи като поляризатори, компенсатори и фазови модулатори. Основните, най-често използвани варианти на оптични схеми на елипсометри, включват въртящ се анализатор, въртящ се поляризатор, въртящ се компенсатор и фазов модулатор. Всяка една от тези различни конфигурации има своите предимства и недостатъци.

На Фигура 7 е представен спектралния елипсометър *Woollam M2000D*, закупен по проекта ИНЕРА в Института по физика на твърдото тяло при Българската академия на науките. Той е от типа елипсометри с въртящ се компенсатор. Спектралният му диапазон е 193 – 1000 nm, а ъглите на падане могат да бъдат променяни в интервала от 45° до 90° с минимална стъпка от 0,01°. CCD детекторът позволява високоскоростно детектиране в целия спектрален диапазон. Елипсометърът разполага с допълнителни фокусиращи сонди, както и с блокове за измерване в течна среда и термичен блок. Фокусиращите сонди намаляват диаметъра на светлинното петно върху образца от няколко милиметра (без сондите) до около 300 μm . Това дава възможност за избор на области за измерване от повърхността на нехомогенни образци, т.е. получаване на сигнал от по-малка област от повърхността на образца. Диапазонът от ъгли на падане с инсталирани фокусиращи сонди е ограничен от 45° до 75°. Блокът за измерване в течни среди има вместимост на клетката 500 μl и позволява изследване например на интерфейси течност-твърдо тяло и др. Ъгълът на падане е ограничен до 70°. Термичният блок дава възможност за измервания в температурен интервал от -80° до +600°C. Има възможност за активно охлаждане с течен азот, което позволява прецизно регулиране на температурата на образца.

Експерименталните данни за представените по-горе резултати за термично отложен силициев диоксид (Фигури 4 и 5) и за цинков оксид (Фигура 6) са получени на спектралния елипсометър *Woollam M2000D*.

В заключение може да се каже, че елипсометрията е един добре развит метрологичен метод. Поради широкото разнообразие от изследвани материали тя намира приложение в много области от науката и технологиите – при

фундаменталните изследвания във физиката, при полупроводниковите технологии, комуникациите, биосензорите, оптичните покрития и др.



Фигура 7. Спектрален елипсометър Woollam M2000D. Спектрален диапазон: 193-1000 nm

Литература

- [1] R. M. A. Azzam, and N. M. Bashara, Ellipsometry and Polarized Light, North Holland Press, Amsterdam 1977, Second edition 1987.
- [2] H. Fudjiwara, Spectroscopic Ellipsometry: Principles and applications, John Wiley&Sons, Ltd., 2007.
- [3] J.A.Woollam, B. Johs, C. M. Herzinger, J. Hilfiker, R. Synowicki, and C. L. Bungay, Overview of Variable Angle Spectroscopic Ellipsometry (VASE), Part I: Basic Theory and Typical Applications, Critical Reviews of Optical Science and Technology, Vol CR72.

SPECTROSCOPIC ELLIPSOMETRY AND ITS APPLICATIONS.

II. MODELING AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA

Penka Terziyska

Spectral ellipsometry is a powerful metrological method that is used in many industrial areas as well as in materials science and technology. It can be used to characterize composition, thickness (depth), crystalline nature, roughness, doping concentration and other material properties. This article presents briefly the principles of ellipsometry as well as some examples of thin layer and volume materials characterization as measured by the Institute of Solid State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences with the new INERA (REGPOT-2012-2013- 1) Woollam-M2000D spectrophotometer (JA Woollam Co.).

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 16 лв., за пенсионери и студенти – 8 лв.
Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

- Книжарница на БАН: София 1000, ул. „15 ноември“ 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“:

София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5

- Книжарница „Нисим“, бул. „В. Левски“ 59
- 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

Варна

- Народна астрономическа обсерватория и планетариум „Николай Коперник“, Приморски парк 4
-

ЗНАЧИМИ ПРОБИВИ ВЪВ ФИЗИКАТА ПРЕЗ 2015 Г.

Подбор и превод: Ана Георгиева

Откриването на квантовата телепортация и на предвидени досега само на теория частици (фермионите на Вайл) са двете постижения, които биха могли да спорят за най-съществени във физиката през 2015 г. Наред с тях могат да се споменат и създаването на уникалния колайдер от един-единствен електрон, новите изследвания върху сероводорода като основа за високотемпературни свръхпроводници и получената нова форма на въглерод, от която може да се произвеждат диаманти при стайна температура.

Списанието „*Physics World*“ (Света на физиката) [1], издание на английския „*Institute of Physics*“ (английския еквивалент на Съюза на физиците в България), публикува всяка година класация на 10-те най-перспективни „пробиви“ в научните изследвания по физика, които се класират от група от 6 от редакторите и репортерите на списанието, ръководени от следните критерии:

- Фундаментална значимост на изследванията;
- Значим напредък в познанието ни за света;
- Силна връзка между теорията и експеримента и
- От общ интерес за всички физици

В отдел „Наука“ на българското интернет издание <https://nauka.offnews.bg/> също се прави подобна класация на най-значимите постижения във физиката в края на всяка година. В представената класация са включени и материали от тяхната обзорна статия, подбрани от доц. д-р Динко Динев от ИЯИЯЕ – БАН.

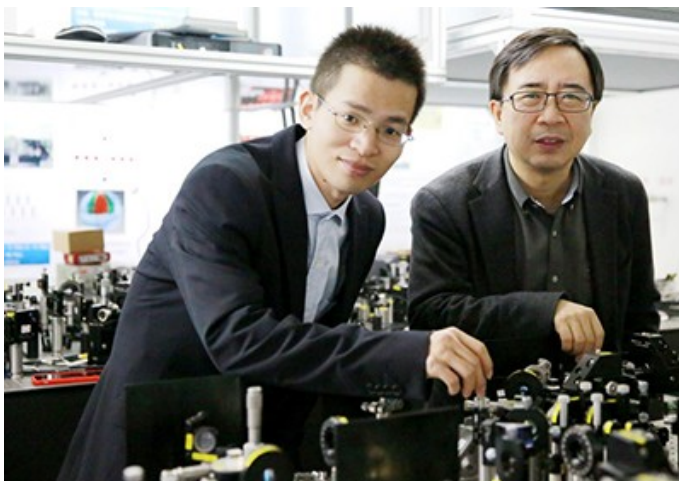
Новата редакционна колегия на изданието на Съюза на физиците в България „Светът на физиката“ счете, че и за българската физическа общност ще бъде от особен интерес и полза за развитието на научните изследвания у нас да се запознаят с тази оценка и класация.

На първо място представяме единодушно определения за „пробив на 2015 година“ експеримент по осъществяването на

Двойната квантова телепортация

Екипът на Пан (*Jian-Wei Pan*) и Лу (*Chaoyang Lu*) от Университета за наука и технология (*University of Science and Technology*) в Хефей (*Hefei*), Китай, за първи път постига едновременно квантова телепортация на две свойства, присъщи на фундаменталната квантова частица – фотон.

Понятието от измисления свят на телевизионния сериал *Star Trek*, телепортацията интригува и учените, и широката общественост. Реалността се слива с фантастиката през 1993 г., когато международна група от физици доказва теоретично, че телепортацията на квантово състояние е напълно възможна, при условие, че началното състояние, което се копира след това, се унищожава напълно. Успешното телепортиране на квантово състояние изисква прецизно измерване на системата, предаване на информацията на някакво разстояние от нея и след това безупречно реконструиране на нейно копие. Но тъй като принципът на Паули забранява „клонирането“ или едновременното съществуване на 2 еднакви квантови системи, то след създаването на копие, началното състояние трябва да се унищожи. Първата експериментална телепортация на спина на фотон е осъществена още през 1997 г. и оттогава са направени много експерименти по телепортиране на едно единствено свойство на дадено квантово състояние. Проблемът се оказва в телепортирането даже на **само две такива свойства**.



Фигура 1. *Chaoyang Lu* (ляво) и *Jian-Wei Pan* осъществили двойната квантова телепортация – основен пробив през 2015 г.

Екипът на Пан и Лу успява да прехвърли едновременно спина (поляризацията) на фотона и неговия орбитален ъглов момент на друг фотон, който е отдалечен от първия на някакво разстояние. Телепортацията обикновено изисква „квантов канал“, през който прехвърлянето се осъществява. Този канал е някакъв допълнителен набор от „сплетени“ (*entangled*) фотони с квантови състояния, които са неразривно свързани [2], така че всяка промяна в едно от тях влияе моментално на другото. В този експеримент това е хипер-сплетен набор, в който двете частици са с едновременно вплетени спин и ъглов момент.

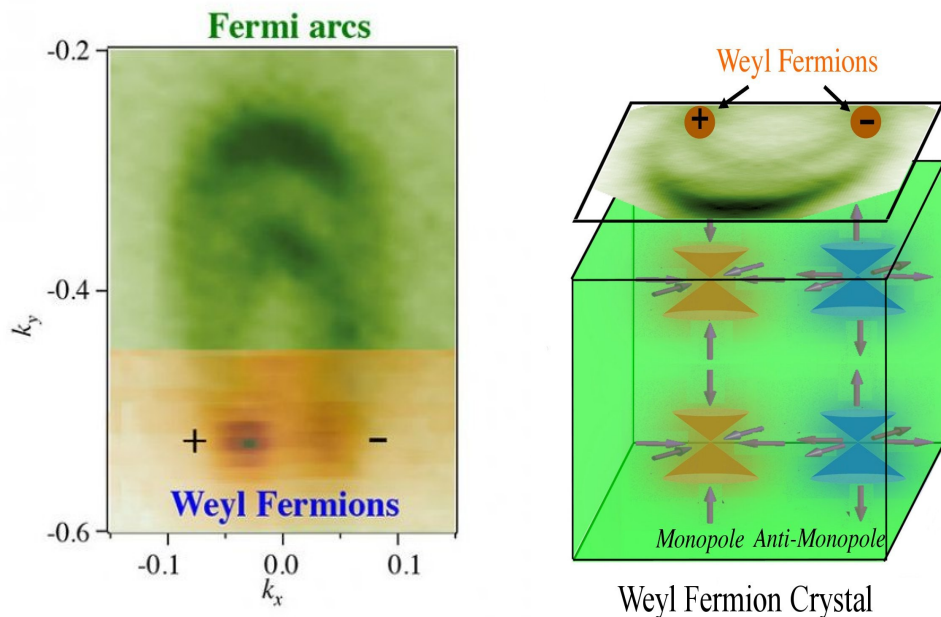
Въпреки че е възможно да се обобщи метода на Пан за телепортация на повече от две свойства на състоянията едновременно, това води до многократно нарастващи трудности при добавянето на всяко едно от тях. Възможно е границата да е три свойства. За да се постигне това е необходимо да се контролират експериментално повече от 10 фотона, като сегашния рекорд е 8. Въпреки това работата по телепортирането на 3 степени на свобода на един или повече фотона продължава, тъй като това са първите стъпки към развитието на квантови комуникации на големи разстояния, които ще осигуряват непробиваема сигурност, свърхбързи квантови компютри и квантови мрежи.

Останалите пробиви са представени накратко без да е следван някакъв специален ред. Започваме с откритието на някои нови елементарни частици:

Най-после са наблюдавани фермионите на Вайл

Съгласно господстващия Стандартен модел, описващ елементарните частици, съществуват два основни типа частици: бозони и фермиони. Бозоните са носители на взаимодействията, а фермионите изграждат материята. Последните са елементарни частици с полуцел спин ($\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$,...), например фермиони са електронът, кварките, които пък в тройки образуват частиците на ядрото на атома – неутроните и протоните. Фермионите са три вида: фермиони на Дирак (масивни), фермиони на Майорана (всяка частица е античастица на самата себе си) и фермиони на Вайл (безмасови). Учените имат доказателства от ускорителите на частици за съществуването на първите два типа, но досега последните не бяха наблюдавани, макар че немският математик Херман Вайл (*Hermann Weyl*) още през 1929 г. предполага съществуването на мистериозни частици без маса, които ще имат спин, но също и „хиралност“, което означава, че ще пътуват през пространството като лявоориентиран или дясноориентиран вариант. Когато ляв и десен фермион на Вайл се срещнат, те анихилират, както се случва, когато се срещнат частица и античастица.

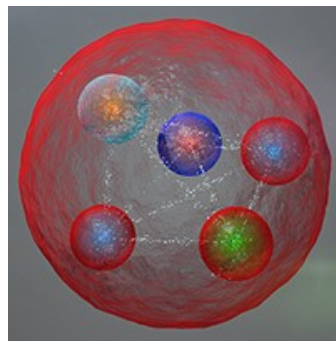
Едва в средата на юли 2015 г. бе открита квазичастицата, наречена „фермион на Вайл“ [3], от независимите екипи от учени, ръководени от *Zahid Hasan* от университета в Принстън, *Marin Soljačić* от Масачузетския технологичен институт (MIT), *Zhong Fang* и *Hongming Weng* от Китайската академия на науките. Работейки независимо един от друг, двата екипа, ръководеният от *Hasan* и този от Китай, наблюдават неопровержимо доказателство за квазичастица, която се държи като фермион на Вайл в полуметала танталов арсенид. *Soljačić* и колегите му наблюдават доказателство за съществуването на фермиони на Вайл в съвсем друг вид материал, който има кристална структура. Безмасовата природа на тези частици предполага, че те могат да се използват във високоскоростната електроника и квантовите компютри.



Фигура 2. Вайлови фермиони. Образ от детектор (ляво) показващ съществуването на фермиони на Вайл. Схематично изображение (дясно), което показва, как фермионите на Вайл могат да взаимодействат вътре в кристал, като монополна и антимонополна частица

В Големия адронен колайдер са открити нов клас частици – пентакварки [4]

LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment) колаборацията в ЦЕРН [5] показва, че пет кварка могат да се свържат заедно в една частица, наречена пентакварк. Нейното съществуване е предсказано още през 1970 г. и става обект на разгорещени дискусии отново през 2000 г. Съществуването на 2 пентакварка с маси около $4400 \text{ MeV}/c^2$ бе доказано през юли 2015 г. при сблъсък на протони в *LHC*. Двата сигнала имат статистическа стойност по-голяма от 9 стандартни отклонения (9σ) и много по-висока от златния стандарт за откриване на елементарна частица – 5σ . „Пентакваркът не е просто някаква нова частица“, заяви говорителят на *LHC* – Гай Уилкинсън (*Guy Wilkinson*). „Това е начин на обединение на кварките, които са основните съставки на обикновените протони и неутрони, в модел,



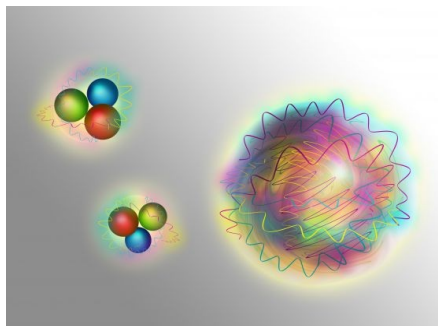
Фигура 3. Пет кварки, свързани заедно в една структура

който никога не е бил наблюдаван досега в продължение на 50 години експериментални търсения. Изследването на свойствата му ще ни позволи да разберем по-добре как е съставена обикновената материя, протоните и неутроните, от които всички сме направени“.

Частица, съставена изцяло от „чиста сила“ – само от глюони

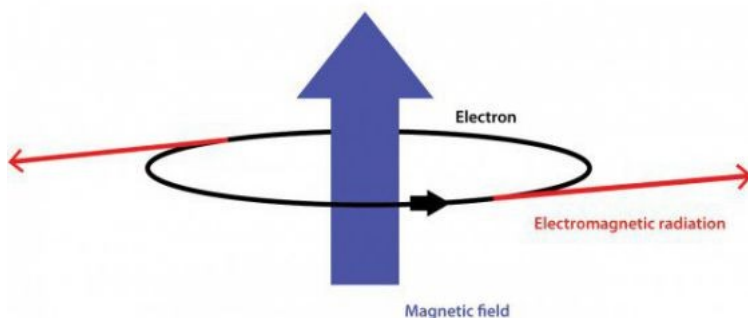
От физиката на елементарните частици знаем, че ядрените частици – протони и неутрони – се състоят от по три кварка, свързани със „слепащите“ ги бозони – глюоните (от англ. *glue* – лепило). И ако кварките са материални частици, то глюоните са частици, пре-насящи взаимодействието.

Глуоният, който е теоретично предсказан в рамките на Стандартния модел, се състои само от глюони, без никакви кварки. Неговото откритие [6] е докладвано от Виенския технологичен университет (*TU Wien*) в *Physical Review Letters* [7] в края на септември 2015. Австрийските учени смятат, че мезон $F_0(1710)$ е точно същият хипотетичен глюоний, който може да се наблюдава непряко при разпада на частицата.



Фигура 4. Мезон $F_0(1710)$ може да е дълго търсеният глюоний (*gluonium* или *glueball*)

Колайдер от един-единствен електрон



Фигура 5. Един електрон в магнитно поле ще се върти в кръг и ще излъчва електромагнитни вълни

27 физици в сътрудничество по проект *Project 8* – експеримент, проведен в Университета на Вашингтон, Сиатъл, са наблюдавали за първи път циклотронно излъчване от един-единствен електрон получен при бета-

разпад на криптон-83 и са успели да измерят енергията му прецизно [8]. Тази радиация се излъчва когато електронът минава през магнитно поле, което позволява на екипът от учени да направи много точно измерване на кинетичната енергия, с която частицата се излъчва при разпада. Това измерване може да се използва за пресмятането на една от най-неуловимите величини във физиката – масата на електронното антинеутрино, което се получава при същия бета-разпад.

Сероводородът – най-топлият свръхпроводник при 203 К

Микаил Еремец (*Mikhail Eremets*) и негови колеги от Института по химия „Макс Планк“ и Университета „Johannes Gutenberg“ в Майнц, Германия, откриха първия материал, който е суперпроводник при температура [9], която може естествено да съществува на повърхността на Земята – около 203 К, което е с 19 К по-топло от най-ниската температура, измерена някога в Антарктика. Успехът бе постигнат, защото физиците са заменили обикновените водородни атоми с техния тежък изотоп – деутерия.

Това е все още ниска температура, но далеч по-висока, отколкото е постигана някога – една голяма крачка, приближаваща ни до висшата цел за постигане на свръхпроводимост при стайна температура.

Нова форма на въглерод, от която може да се произвеждат диаманти при стайна температура

В края на годината изследователи от Университета на Северна Каролина съобщиха, че са открили нова форма на твърд въглерод, наречена Q-въглерод, която е различна от познатите графит и диамант [10]. Те също така са разработили технология, която превръща Q-въглерода в диамантени структури при стайна температура и нормално налягане (Фигура 6).



Фигура 6. Диамантени структури, произведени при стайна температура и нормално налягане

Първата видима светлина, измерена директно от екзопланета.

Джордж Мартинс (*Jorge Martins*) от Института по астрофизика и космически изследвания и Университета в Порто, в сътрудничество с колеги от Португалия, Франция, Швейцария и Чили измериха за първи път с висока

разделителна способност спектралната оптична характеристика на светлина, отразена от екзопланета [11]. Екипът използва апаратурата на Южноевропейската обсерватория „*La Silla*“, като изучава светлината от 51 *Pegasi b*, която е забелязана за първи път през 1995 г. Използвайки нова техника, която те са разработили, *Martins* и колегите му са успели да измерят масата на планетата орбиталния ѝ наклон и отражателна способност (*reflectivity*), които могат да се използват за определяне на състава на повърхността на планетата и нейната атмосфера.

Лабораторен прототип на „полеви MRI“

Мишел Епси (*Michelle Espy*) и колеги от Националната лаборатория в *Los Alamos*, САЩ, създадоха практична, преносима, с ултра-слабо поле, магнитно-резонансна изобразяваща (*MRI – magnetic resonance imaging*) система [12]. За разлика от конвенционалните *MRI* системи, новата система разчита на значително по-слаби полета, които се създават много по-лесно в отдалечени дестинации. Това, естествено означава, че системата трябва да може да улавя много по-слаби сигнали, което се постига с помощта на свръхпроводящи квантови интерферометри. Екипът се надява, че лабораторният прототип, със своята лека конструкция и ниска енергийна консумация, скоро ще бъде внедрен за ползване в медицинските центрове на слабо-развитите страни и във военно полевите болници.

Фермионен микроскоп „вижда“ първата светлина

Лорънс Чеук (*Lawrence Cheuk*), Мартин Зверлейн (*Martin Zwierlein*) и техни колеги от *MIT*, са построили първия „фермионен микроскоп“ [13] – уред, който е способен да изобразява до 1000 индивидуални атоми в ултра-охладен газ. Голям прогрес е осъществен в разбирането на взаимодействието между електроните в материал. Това се постига чрез охлаждане на атоми до ултра-ниски температури и после се използват светлинни и магнитни полета, за да се настроят фино взаимодействията между атомите. Фермионният микроскоп позволява на физиците да наблюдават поведението на отделните фермиони, когато газът се охлажда. Новата техника скоро ще може да се използва от изследователите за наблюдение на магнитните взаимодействия между атомите и може би даже за изследване на квантовото сплитане.

Източници

- [1] http://live.iop-pp01.agh.sleek.net/physicsworld/reader/#%21edition/editions_Oct-2013/article/page-134
- [2] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/feb/27/two-quantum-properties-teleported-together-for-first-time>
- [3] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/jul/23/weyl-fermions-are-spotted-at-long-last>

- [4] <https://www.universetoday.com/121413/whats-the-big-deal-about-the-pentaquark/>
- [5] <http://lhcb.web.cern.ch/lhcb/>
- [6] http://nauka.offnews.bg/news/Fizika_14/Otkrita-e-chastitca-sastavena-iztcialo-ot-chista-sila_24135.html
- [7] <http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.115.131601>
- [8] <http://www.sciencemag.org/news/2015/04/physicists-detect-radio-waves-single-electron>
- [9] <https://arxiv.org/abs/1412.0460>
- [10] http://nauka.offnews.bg/news/Novini_1/Otkrita-e-nova-forma-na-vaglerod-ot-koiato-se-proizvezhdad-diamanti-p_28661.html
- [11] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/apr/22/first-visible-light-detected-directly-from-an-exoplanet>
- [12] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/apr/30/portable-battlefield-mri-comes-out-of-the-lab>
- [13] <http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/may/19/fermionic-microscope-sees-first-light>

SIGNIFICANT BREAKTHROUGHS IN PHYSICS IN 2015

Ana Georgieva

The discoveries of the quantum teleportation and some of the already theoretically predicted elementary particles (Wills fermions) are the two achievements that could compete for the most essential in the physics of 2015. Along with them, the creation of the unique collider of one single electron, the new investigations on the Hydrogen Sulphide, as a base of high temperature superconductors and the obtained new form of the Carbon from which diamonds can be produced, are among the breakthroughs in physics of the year 2015.



МЕЖДУНАРОДНАТА ГОДИНА НА СВЕТЛИНАТА И СВЕТЛИННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ 2015: ПОДПРОГРАМАТА „ОПТИКАТА И НАУКАТА ЗА СВЕТЛИ- НАТА В ГОДИНАТА НА СВЕТЛИНАТА“

Иван Лалов и Евгения Вълчева

Организацията на обединените нации обяви 2015 г. за **Международната година на светлината и светлинните технологии** (*International Year of Light and light-based Technologies – IYL 2015*) с резолюция A/RES/68/221, приета на 20 декември 2013 г. по време на пленарно заседание на 68-ата сесия на ООН. Обявяването на 2015 г. за Международна година на светлината е по инициатива на Европейското физическо дружество и ЮНЕСКО, като включва голямо обединение от научни общества и съюзи, образователни институции, технологични организации, неправителствени асоциации и партньори от частния сектор в световен мащаб.

За да се откликне у нас на това събитие, по инициатива на Съюза на физиците в България се създаде национално обединение от представители на научните и образователните среди, съвместно с българската светлотехническа общност. Сформиран бе Национален организационен комитет (НОК) с председател акад. Стефан Воденичаров, изготвена бе Национална програма за честване Международната година на светлината и светлинните технологии. Честването у нас протече под патронажа на Президента на Република България г-н Росен Плевнелиев, старт на което беше даден на 20 януари 2015 г.

Церемонията по официалното откриване се състоя в Париж на 19 и 20 януари 2015 г. в централата на ЮНЕСКО. Събитието събра повече от 1000 посетители, представящи не само международната научна общност, но и дипломати и политици, архитекти, дизайнери, водещи компании в областта на светлинните технологии, представители на Европейската комисия, художници и артисти, студенти и много други. Богатата програма съдържаеше пле-

нарни доклади на петима Нобелови лауреати, кратки съобщения и тематични доклади, покриващи различни области от науката: иновативни осветителни решения в полза на обществото, светлинното замърсяване, нови насоки в изследванията (например как фотониката решава глобални предизвикателства), светлината в изкуството и културата, история на науката, необходимостта от диалог между учените и правителствата за подобряване на научната политика. Цялото събитие бе рамкирано от множество културни и музикални представления и впечатляващо светлинно шоу.

Според Джон Дъдли (*John Dudley*), Президент на Европейското физическо дружество, в програмата се преливат наука, култура и политика и тази комбинация позволява да се възпита уважение към науката в максимално широка публика, а посланията ѝ да достигнат аудитория много по-далеч от научната общност и по този начин да донесат полза в много по-широк мащаб.

Само ден след даване на старта на *IYL 2015* в сградата на ЮНЕСКО в Париж – на 20 януари 2015 г., в Големия салон на Българска академия на науките се състоя официалната церемония по обявяване на началото на българската Национална програма.

По време на официалното откриване в БАН бяха поднесени приветствия от името на г-н Росен Плевнелиев, Президент на Република България, г-жа Ирина Бокова, генерален директор на ЮНЕСКО, ректори на университети, председатели на творчески съюзи.

В изказването си акад. Воденичаров посочи, че Българската академия на науките поема ролята на обединител на учените и специалистите в България, работещи в областите на науката, образованието и технологиите, свързани със светлина, с ясното съзнание, че успех може да има само чрез единство на техните усилия и хармония на техните интереси. Идеята за Международната година на светлината и светлинните технологии и цялостната програма за нейното осъществяване в България през 2015 г. представи акад. Александър Петров, председател на Съюза на физиците в България.

След като бе създаден Национален организационен комитет за отбелязване на Международната година на светлината и светлинните технологии (МГС), беше разработена цялостната програма за нейното осъществяване в България през 2015 г. с две подпрограми, както следва:

– „Оптиката и науката за светлината в годината на светлината“ на Съюза на физиците в България;

– „Светлинни технологии и приложна светотехника“ на българския Национален комитет по осветление.

Осъществено бе работно взаимодействие между две важни структури на нашето гражданско общество: Съюза на физиците в България и българския

Национален комитет по осветление, с перспективни планове за бъдещи проекти.

Формулирани бяха областите, целите и дейностите, чрез които науката за светлината и основаните на светлинни явления технологии да станат широко известни и да бъдат атрактивно поднесени на ученици, студенти и по-широка публика. Към това бяха насочени усилията в двете подпрограми на Националната програма за Международната година на светлината.

Събитията, които се осъществиха през 2015 г., бяха подчинени на стремежа да се повишат познанията на широката общественост от всички страни за постиженията на науката за светлината и приложенията им, както и за важността им за човечеството, да се изясни значението на светлината и светлинните технологии за устойчивото развитие и намиране на решения за глобалните предизвикателства в енергетиката, стопанството, здравеопазването, осветлението и т.н. В поредицата от многобройни прояви взеха участие учители от цялата страна, университети, научни институции, фирми, музеи, планетариуми, предприятия и т.н.

Тържественото събрание за закриване на Международната година на светлината в България се състоя на 22.01.2016 г. в Големия салон на БАН.

Водещ на събранието беше акад. Александър Петров. Програмата започна с **Химн за Международната година на светлината „Раждане на Светлината“** – симфонично произведение за голям симфоничен оркестър, подарено през април 2015 г. на Съюза на физиците в България от авторите – художника Валентин Атанасов и създателя на аранжимента Милен Василев от Габрово.

Бяха представени накратко основните събития в Международната година на светлината в двете подпрограми на Националната програма:

■ **Оптиката и науката за светлината в годината на светлината** с автори *проф. д.ф.н. Иван Лалов* (зам.-председател) и *проф. д.ф.н. Евгения Вълчева* (гл. секретар) на Съюза на физиците в България.

■ **Светлинни технологии и приложна светотехника** от *доц. д-р инж. Красимир Велинов*, председател на УС на Национален комитет по осветление.

Следваха презентации на участници в някои от многобройните събития през годината. Презентацията **„Пътешествието със светлинния лъч“** на десетокласничката *Мартина Георгиева* от Природо-математическата гимназия „Акад. Иван Гюзелев“, гр. Габрово, е отличена с I награда в раздела „Литературни творби“ в конкурса „Космосът – настояще и бъдеще на планетата“ през 2015 г. на фондация „Еврика“. Студентът от Медицинския университет – София *Алексей Митев* представи своя презентация **„Офталмоскоп“**, отличена на студентската научна сесия по време на колоквиум „Светлината в медицината“. Алексей е и лице на науката в България за 2014 г., носител на

наградата на публиката и на Съюза на учените в България в конкурса за комуникация на науката „Лаборатория за слава *FameLab*“ на Британския съвет България.

Доц. д-р Иван Бъчваров от Физическия факултет на Софийския Университет „Св. Климент Охридски“ представи **„Квантовият свят на рентгеновия суперлазер – от мечтите до реализацията на „персонален“ рентгенов супер лазер“** – историята на изобретенията, направени от братята Теньо и Димитър Попминчеви, основа за революционни открития в областта на био- и нанотехнологиите на ХХІ век.

От страна на светлотехническата общност бяха представени две презентации. Инж. Владимир Василев, докторант към НИЛ „Осветителна техника“ при МГУ „Св. Иван Рилски“ разказа в презентацията си **„Оптимизиране на светлоразпределение на улични и тунелни осветители“** за възможността да се намали консумацията на електроенергия в уличното и тунелното осветление.

Проф. д-р инж. Христо Василев, председател на УС на Браншовата камара за светодиодни технологии и осветление (БКСТО), представи **„Светлинно замърсяване – състояние, проблеми и решение“**.

Тържественото събрание беше закрито със светлинно шоу **„Течнокристални цветя“**, представено от *акад. Ал. Петров*.

В поздрав към организаторите и аудиторията председателят на Съюза на учените в България акад. Дамян Дамянов каза: „България със своята Национална програма представя широка палитра от събития, свързани с популяризирането на науката за светлината, оптичните технологии и иновации и тяхната роля за устойчивото развитие чрез решаване на глобалните предизвикателства в енергетиката, образованието, селското стопанство и здравеопазването. Като учен и лекар не мога да не отбележа и жизнено важната роля на светлината за зараждането и развитието на живота, нейното въздействие върху здравето на човека и днешното широко приложение на оптичните технологии в медицината, които подобряват качеството на диагностиката и лечението. Радостен факт е, че днес тук, в Българската академия на науките, сме се събрали учени, преподаватели, представители на българската светлотехническа общност, хора на изкуството, граждани, за да обединим усилията си за дългогодишни активности за популяризиране на красотата на светлинните явления, мултидисциплинарността на науката за светлината, приложението на оптиката и светлинните технологии в образованието, културните и икономически връзки на глобалното общество“.

По-надолу ще се постареем да систематизираме и разкажем за дейностите и интереса към оптиката и науката за светлината в подпрограмата „Оптиката и науката за светлината в Годишната на светлината“, която беше организирана и координирана от Съюза на физиците в България.

Изразяваме своята радост от масовото любопитство и техника за придобиване на познания за светлината, проявени в голям брой конференции, лекции, демонстрации, наблюдения и др. като си даваме сметка, че по-нататъшното изложение по раздели има условен характер, поради взаимното преплитане на тематиката и интересуващата се публика.

Отначало ще представим редица национални прояви. Първата проява на МГС (Международната година на светлината) бе през октомври 2014 г., когато в Севлиево се проведе поредното национално издание на Международния проект „Наука на сцената“ с участие на около 300 учители, ученици, експерти, учени и дори деца от детски градини от Севлиево. Този публичен празник на природните науки бе посветен на светлинните явления.

Тематиката на традиционната ежегодна Национална конференция по въпроси на обучението по физика – 43-та поред, беше „Оптика и оптични технологии в образованието“ и тя се проведе от 2 до 5.04.2015 г. в Благоевград с участие на около 120 учители, експерти по физика, учени-оптици и др. Освен пленарни и секционни доклади в рамките на конференцията се състоя Младежка сесия „Магията на светлината“, няколко цикъла от демонстрации на оптични явления, постерна сесия на отличените учители по области, публични лекции и др. Изказваме благодарности на МОН и на г-жа Валентина Иванова, на проф. Хр. Василев за лекцията и, разбира се, на нашата колежка Радост Василева, понесла основната тежест на организацията.

Преди конференцията бяха проведени две съпътстващи студентски сесии, на които бяха изнесени пленарни доклади и бяха демонстрирани и оценени постерите на голям брой студенти. Студентската сесия в Пловдив бе с тематика „Светлината в науката и изкуството“ и обхвана 16 доклада. Студентската сесия в Медицинския университет – София бе с тематика „Светлината в медицината“, като бяха представени 42 постера по фундаментални проблеми на оптиката и по оптични методи за диагноза и лечение. Изказваме нашата благодарност на организаторите на изнесените сесии и специално на проф. Теменужка Йовчева (Пловдив) и доц. Вера Хаджимитова (МУ – София) за индуцираната младежка научна активност.

Националният семинар „Светлина и природа“ се състоя в Ямбол (13–15.06.2015). Участваха голям брой учители, дейци на народните обсерватории и планетариуми, учени и др. Този национален семинар бе включен в международния проект „*Light 2015*“, финансиран от Европейската комисия.

Десетото издание на Европейската нощ на учените се проведе на 25.09.2015 г. и бе посветено на Международната година на светлината. Нощта на учените се проведе в София, Русе, Пловдив, Ст. Загора, Варна и Бургас при голям интерес от учени, студенти и по-широка публика. Програмите в отделните градове включваха научни лекции, музикални и поетични прояви, изложби, научни кафенета, всички с „оптична“ тематика, които

създадоха у многото участници усещане за празник. Дължим благодарност на колежката Пенка Лазарова за идеите и реализацията на програмата на „Европейската нощ на учените – 2015“.

Отделна секция на програмата беше посветена на тематиката **„Международна година на светлината и образованието и науката“**. Основните групи, към които бяха насочени идеите и активностите на МГС, бяха ученици, студенти, хора на образованието и науката.

За отбелязване на МГС в българските училища бяха проведени многобройни инициативи, от които ще споменем (по информация на главния експерт в МОН Валентина Иванова): открити уроци – 191; презентации на ученици – 1064, училищни изложби – 428; конкурси – 409; изработване на постери и табла – 844.

Ще отбележим специалната програма за училищата от Благоевградска област, посветена на МГС и на 43-ата Национална конференция, в която бяха включени всички общини. Учители и ученици от училища във Вършец, Смолян, Елхово, с. Рупци, Видин, направиха презентации, фотографии, изложби, дори филм за светлината. Огромна благодарност към учители, експерти от РИО, към В. Иванова, Св. Солачка – експерт от РИО – Благоевград, за мащабната популяризаторска и учебна дейност.

Във Физическия факултет на СУ се организира, главно от катедра „Квантова електроника“, няколкодневна школа по фотоника за учители с лекции, демонстрации, лабораторни занятия. Тази школа получи висока оценка за квалификацията на няколко десетки учители по физика.

По инициатива на Иво Джокин от Обединения център за извънкласни дейности (ОЦИДЗИ) в с. Байкал, с материали от международен проект бе организирана изложба „Отвъд крушката“, показана в училища от Плевенска област и в Българската академия на науките във връзка с официалното закриване на МГС.

Софийският клон на СФБ организира през м. юни 2015 г. конкурс за уреди и състезание за съставяне на експериментални задачи за училищния курс по физика.

В рамките на МГС бяха организирани редица **научни срещи**.

- В Медицинска академия бе организиран 32-ия колоквиум „Физиката в опазване на човека и околната среда“, посветен на тематиката „Светлината в медицината“, със значително участие на физици, биолози, медици и други специалисти (главен организатор акад. Борис Тенчов).

- Проектът *INERA* с основно звено ИФТТ – БАН също бе свързан с МГС. Проведе се научна конференция в Хисаря на тема „Светлината в нанонауката и нанотехнологиите“.

- 17-ата Международна среща (уъркшоп) на тема „Нанонаука и нанотехнологии“ (организатор проф. д.ф.н. Ана Пройкиова) се проведе в София и тематично бе свързана с МГС.

- В София се проведе и годишната среща на Европейското метеорологично дружество с тематика „Спътникова информация и Слънце“, отново тематично свързана с МГС.

- На 21.05.2015 г. Българският институт по метрология проведе семинар на тема „Изследване на светлина и чрез светлина“.

Бяха представени и голям брой **лектории и популярни лекции**.

- В Техническият университет – София се проведеха поредните Дни на физиката, посветени на МГС, с лекции, демонстрации и др. прояви с участие на преподаватели и студенти.

- В рамките на Климентовите дни през м. ноември 2015 г. във Физическия факултет на СУ се проведе лектория под девиза „Да бъде светлина“ с пет лекции в два дни (при препълнена зала), посветени на годишнините от научни открития, препоръчани от Международния комитет за отбелязване на МГС (откритията на Алхазен, Френел, Максвел, Обща теория на относителността и откриването на реликтовото лъчение).

- В рамките на Майските дни на културата в Ректората на СУ се състоя лекция на проф. Иван Лалов на тема „Ролята на оптиката в развитието на човешкото познание“. Позволяваме си да споменем, че двамата автори на тази статия, Ив. Лалов и Евг. Вълчева, сме изнесли многобройни лекции и доклади на различни форуми, посветени по дух и тематика на МГС.

Ще отбележим с благодарност широката дейност за отбелязване на МГС от народните обсерватории с планетариуми във Варна, Ст. Загора, Силистра, Ямбол.

Следваща секция на Националната програма беше посветена на **светлината в изкуството и музенте**.

Цялостна програма „Международната година на светлината в Международния ден на музеите“ бе подготвена и реализирана в Националния политехнически музей – София на 18.05.2015 г. – с демонстрации, лекции, съобщения и др.

Традиционният месец на фотографията (юни 2015) се проведе в НДК и по тематика бе свързан с МГС (главен организатор бе Българската фотографска академия „Я. Кюркчиева“).

През м. юли 2015 г. в галерия „Мисията“ се състоя изложба-живопис на арх. Полина Герджикова с тема „Светлината – метафора на духа“, посветена на МГС.

Създадено бе симфонично произведение (за голям симфоничен оркестър и за видео) „Раждането на светлината“ (аранжмент Милен Василев и художник В. Атанасов – и двамата от Габрово). Произведението бе представе-

но в Големия салон на БАН и подарено на Националния организационен комитет на МГС.

В рамките на научните и образователни срещи и конференции и самостоятелно бяха организирани многобройни **конкурси**, от които ще споменем следните: младежката сесия – конкурс по време на 43-ата Национална конференция на тема „Магията на светлината“ (съвместно с фондация „Еврика“); националния конкурс, организиран от Националния ученически екопарламент на тема „Светлинни явления в природата“; конкурси на РИО за учители, посветени на преподаването на оптиката; конкурсен характер имаха и двете студентски сесии, свързани с 43-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика; тематичните конкурси, обявени и проведени от НАОП – Варна, Ст. Загора, Силистра.

Тържественото закриване на Международната година на светлината и светлинните технологии беше съпроводено с три изложби. Първата беше с отличени творби от Националния фотоконкурс за ученици и студенти на тема „**Светлинни явления в природата**“, организиран от Националния ученически екопарламент и Съюза на физиците в България.

Беше представена и **фотоизложба „ДИФРАКЦИЯ“**. Изложените снимки илюстрираха едновременно както светлината с нейните свойства и прояви, така и най-модерните светлинни технологии, в областта на които работи техният автор – доц. д-р Светлен Тончев от ИФТТ–БАН/*Richardson Gratings – Rochester (NY)* – един от водещите в света специалисти в областта на дифракционните решетки. Изложбата отрази отделни работни моменти от неговото ежедневие на експериментатор: срещите с невероятно красивите прояви на светлината – дифрактираща и интерферираща, желанието да се съхрани прекрасния момент от играта на светлинните лъчи и магията на спектъра. Споделените в изложбата мигове ни направиха съпричастни към това възшебство. Куратор на изложбата беше доц. д-р Мариана Кънева от ИФТТ – БАН.

Беше представена и **Международната фотоизложба „Beyond the Bulb“ (Отвъд крушката)**, посветена на Международната година на светлината и светлинните технологии – по проект на Международния астрономически съюз. Изображенията представиха приложението на светлинните технологии, атмосферни явления, обекти от Космоса и светлинното замърсяване. Изложбата беше осъществена със съдействието на Обединения център за извънкласни дейности (ОЦИДЗИ) в с. Байкал.

Заклучение

Масштабът и обхватът от дейности в подпрограмата „Оптиката и науката за светлината в Годишната на светлината“ изненадаха дори организаторите. Цялата дейност имаше за цел да покаже на ученици, студенти, учени и на цялата общественост характера и красотата на изследванията на светлината,

дълбоките резултати от развитието на оптиката, специално в последните 200 години, неизмеримите социални ефекти и влиянието върху съвременната система на човешкото познание. Всичко това цели да се популяризира науката и резултатите от нея, да се възбуди любопитство и интерес към заниманията с наука на всякакво ниво, а също – да предизвика определени естетически възприятия, особено силни в оптиката. Всъщност, тези цели и насоки бяха определени и от Международния организационен комитет на МГС.

Дори беглото изреждане на дейностите в този отчет показва, че тези идеални цели са постигнати или поне сме се приближили до тях. Това е демонстрация на желанието на интелигентната част от българската младеж и общественост да задоволи своето любопитство към света и да се докосне до истински духовни ценности.

За реализирането на тази програма на МГС трябва да изтъкнем приноса и да благодарим на колегията от учители, учени, художници-фотографи и др., отдали своите усилия, време и труд, практически безвъзмездно, за каузата на светлината, издигната от ЮНЕСКО и ООН.

Бихме искали да вярваме, че заедно с подпрограмата „Светлинни технологии“ нашите усилия ще имат и социално влияние върху българското общество при преодоляване на неговите трудни, но решими проблеми.

THE INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT AND LIGHT TECHNOLOGIES 2015: THE SUBPROGRAM „OPTICS AND LIGHT SCIENCE IN THE YEAR OF LIGHT“

Ivan Lalov, Evgenia Valcheva

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

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

Джорджо Бенедек, Грѐм Уот



Европейското физическо дружество (*EPS*) допринесе много за отбелязването на Международната година на светлината и светлинно-базираните технологии (*IYL 2015*) по редица различни начини [1]. В частност, списанието *Europhysics News* (*EPN*) приключи годината със специално издание, посветено на науката за светлината, което чрез шест кратки обзора илюстрира водещата роля на Европа в няколко области от физиката на светлината и нейните приложения. *EPL* (*Europhysics Letters*) даде своя принос с публикуването на поредица от поканени обзори за рубриката „*IYL* Перспективи“.

Рубриката „Перспективи“ на *EPL* в *IYL*

Както е отбелязано в една от уводните статии на *EPL* [2], „Перспективите“ са нов тип поканени обзори с обем на кратко съобщение за последните постижения в някои области на приложната физика, поднесени по начин, достъпен за обикновената аудитория читатели на физическа литература. Досега са отпечатани четиринайсет обзора, обхващащи различни страни от физиката на светлината. Те са вмъкнати в девет „Перспективи“ от други области на физиката, при все че е трудно да си представим някоя част от физиката, която да не включва по някакъв начин светлината. Целият набор от „Перспективи“ може да се види на <http://iopscience.iop.org/0295-5075/focus/Perspectives>. „*IYL* Перспективите“ (*IYL-PS*), публикувани в *EPL*, в много отношения допълват шестте обзора на *EPN* (*Europhysics News*): общо 20-те статии, отпечатани в тези две списания, образуват съгласувана поредица, включваща най-вълнуващите страни от физиката на светлината.

Космическият пратеник

Светлината, в качеството си на пратеник от най-отдалечените във времето и пространството части на Вселената, ни разказва чрез космическия микровълнов фон (*СМВ*) за първоначалната ѝ структура. Джо Дънки (*Jo*

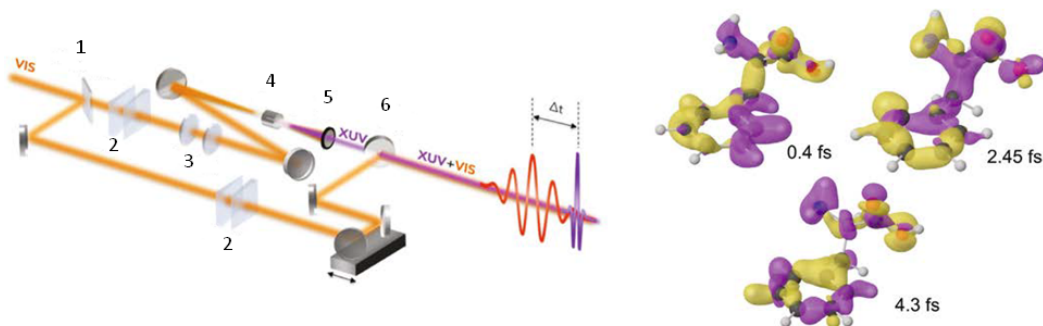
Dunkey) в своята *IPL-PS* [3] обобщава съвременните данни, събрани от изкуствения спътник – космическа обсерватория *Planck* и от наземни експерименти, както и космологичните характеристики, извлечени от тази богата информация, или очаквани от предстоящи наблюдения (*Planck* е космическа обсерватория на Европейската космическа агенция (*ESA*), работила от 2009 до 2013 г., която е картографирала анизотропиите на космическия микровълнов фон при честоти в микровълновата и инфрачервената област с високи чувствителност и ъглова разделителна способност – бел. пр.). Космологията се ослани на Общата теория на относителността и сега нейната валидност може да бъде проверена с безпрецедентна точност с помощта на атомни часовници. С метода на кохерентната оптична връзка, при който свръхстабилно лазерно лъчение се пренася по оптични влакна за синхронизиране на отдалечени часовници, се достига честотна разделителна способност над 10^{-18} за 1000 секунди при разстояния над 1000 км, позволявайки по този начин синхронизация в континентален мащаб (Фигура 1). В „Светлината и разпределението на времето“ (*Light and the distribution of Time*) [4] Калонико (*Calonico*) и др. дискутират гигантския успех, направен в тази област и огромното му влияние в метрологията, геодезията, астрономията и космологията, напр. при търсенето на тъмна материя.



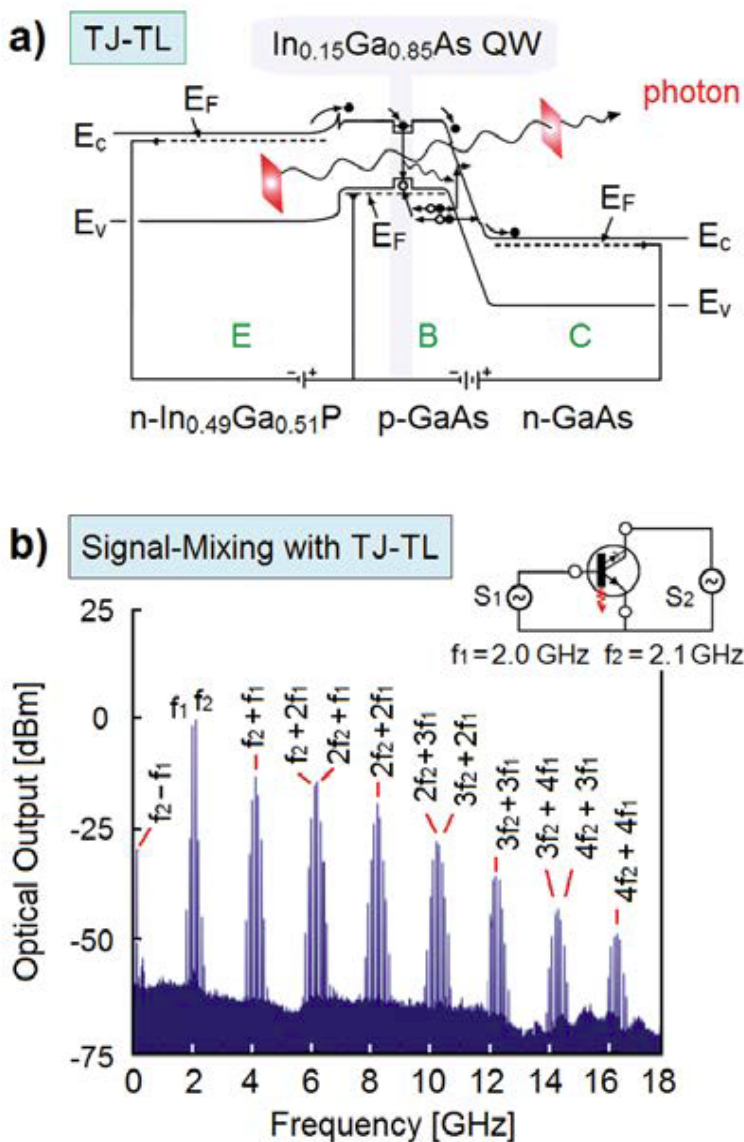
Фигура 1. Светлина и разпределение на времето: влакнесто-оптични връзки в Европа. Непрекъснати линии: съществуващи оптични връзки. Пунктирани линии: разширения, изграждани в момента [4]

Свръхкъси светлинни импулси (Екстремна светлина)

Опитите да се възпроизведат в наземни експерименти екстремните състояния на веществото, разглеждани в астрофизиката на елементарните частици, (**астрофизиката на частиците** е един сравнително нов клон от физиката на елементарните частици, изучаващ елементарните частици с астрономически произход и тяхната връзка с астрофизиката и космологията – бел. пр.), са засега в обсега на големите ускорители. Откриването на метода за повишаване на енергията на лазерните импулси чрез линейна честотна модулация (CPA), направено през 1985 г. от Стрикланд и Муру (*Strickland и Mourou*) [5], и следващите големи постижения [6-8] днес позволяват получаването на гигантски килватерни ускорения в едно твърдо тяло, високоенергийно лъчение и снопове от частици в екстремно къси интервали от време [8]: ЦЕРН върху чип, както обича да казва Жерар Муру (*Gérard Mourou*)! Методът на импулсното компресиране (получаването на свръхкъси импулси) с атосекундна продължителност е получил силна подкрепа от групата от Миланската политехника [9, 7]: днес Черуло, Де Силвестри и Нисоли (*Cerullo, De Silvestri и Nisoli*) обясняват в своята *IYL-PS* [10], как движението на атомите и електроните може да се проследи в реално време от единия до другия край на органични молекули с помощта на този метод (Фигура 2).



Фигура 2. Светлина при екстремум: (а) Атосекундна експериментална постановка. 1 – разделител на лъча; 2 – фемтосекундни клинове 2 – свръхтънки клиновидни пластини от топен кварц за компенсиране на дисперсията; 3 – двойно-лъчепречупващи пластинки за управление на поляризацията; 4 – газова кювета; 5 – алуминиев филтър с дебелина 100 nm за блокиране на основното лъчение и за компенсиране на честотно-модулирания пакет от атосекундни импулси; 6 – огледало с отвор. (б) Моментни картини на числено-моделираната динамика на електроните за три различни закъснения t между XUV (тестващия) и VIS (напомпващия) импулси. Фигурата показва промяната в плътността на дупките по отношение на усреднената ѝ по време стойност: жълтото и лилавото съответстват на положителни и отрицателни стойности (от *Cerullo, De Silvestri и Nisoli* [10])



Фигура 3. (а) Схематично представяне на зонната диаграма на транзисторен лазер с вътрешно-резонаторно оптично-стимулирано тунелиране (QW TJ-TL), показана с характерната резонаторна кухина; (б) Смесване на микровълнови сигнали с транзисторен лазер с общ емитер на тунелния преход и двойка входящи синусоидални сигнали: единият ($f_1=2.0$ GHz) – на базата – при използването на модулация по ток и другия ($f_2=2.1$ GHz) – на колектора – с използването на модулация по напрежение. Честотата на хармоничните на изходното лъчение всъщност достига по порядък до 10^{11} ($4f_1+7f_2 = 22.7$ GHz), въпреки че е ограничена от широчината на лентата на усилвателя (от [15])

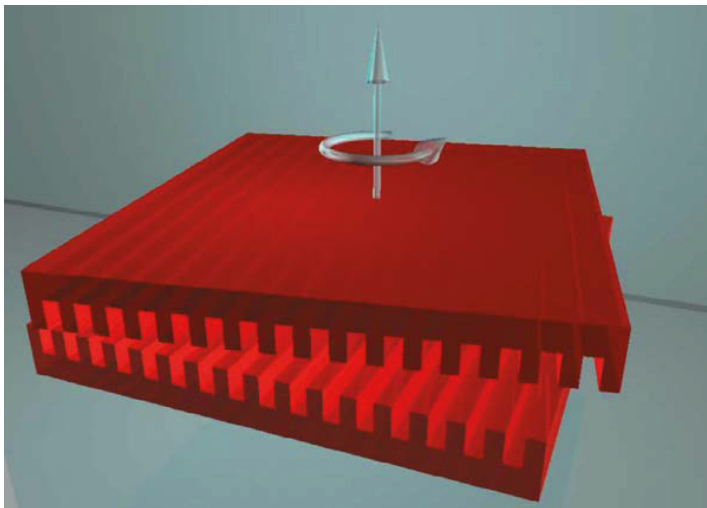
Въпросът за взаимодействията на високоенергийното лазерно лъчение с атомите е разгледан в обзора на Чарлз Йохейн (*Charles Joachain*), чиято „Перспектива“, започваща с подробен исторически увод, беше избрана за въведение към поредицата на *EPL* за *IYL* и беше публикувана в последния брой от 2014 г. [11]. Предстои влизането в действие на широкомащабни свръхмощни европейски съоръжения като *ELI* (*Extreme Light Infrastructure*), *LMJ* (*Laser Mega Joule, Mega Joule Laser*) и *Apollo*. Изследването на твърдото състояние на веществата при екстремни условия планирано с *PETAL* (*Petawatt Aquitaine Laser*), официално открито миналия септември към *CEA-CESTA LMJ* съоръжение край Бордо [12], е описано от Димитри Батани (*Dimitri Batani*) в предстояща *IYL-PS*, но е изпреварена от избора на редактора на *EPL* в полза на обзора за свиване на водата чрез ударна вълна [13]. Големи са очакванията към възможностите на свръхмощните лазерни съоръжения за контролиран инерционен термоядрен синтез: в своята *IYL-PS* [14] Стефано Ацени (*Stefano Atzeni*) прави преглед на най-новите постижения, коментирайки последните проби и възможностите за алтернативни методи, в частност този на директното ударно възпламеняване.

От светодиодите (LED) до нанофотониката

Най-популярно е използването на светлината за осветление. Един значителен научен прелом през миналия век беше първата реализация на светодиод от Ник Холоняк и С. Бевакуа (*Nick Holonyak Jr.* и *S. F. Bevacqua*): Ник Холоняк прие да напише заедно с Милтън Фенг (*Milton Feng*) една „Перспектива“ за *EPL* – голямо начало за поредицата *IYL-PS* през 2015 г.! Както е добре известно, Ник Холоняк и Милтън Фенг направиха голям пробив през 2005 г. – създаването на транзисторен лазер (Фигура 3): това всъщност е темата, избрана за тяхната „Перспектива“ [15]. Изключително подходяща от гледна точка на големите надежди, които транзисторният лазер дава в областта на електрооптиката за нелинейно смесване на сигнали, умножаване на честота, отрицателна обратна връзка, за оптоелектронни устройства с логически изход и приложения в нанофотониката! (**Транзисторният лазер** е полупроводников прибор, който действа като транзистор с електрически изходен сигнал и с оптически изходен сигнал за разлика от типичните два електрически изходни сигнали. Оптичният изходен сигнал го разграничава от обикновените транзистори и тъй като оптичните сигнали се предават по-бързо от електричните сигнали, създава възможност за много голямо бързодействие на компютрите. Приборът се основава на вътрешно-резонаторно оптично-стимулирано тунелиране (включване на квантова яма в базата на транзистора) – бел. пр.). Преминаването на оптиката и фотониката към наномасщаб беше по право отбелязано от Жи-Юан Ли (*Zhi-Yuan Li*) (Пекинска академия на науките), който анализира в своята *IYL-PS* [16] идеите, методиките и технологиите в нанофотониката, поставящи здрава основа за постигането

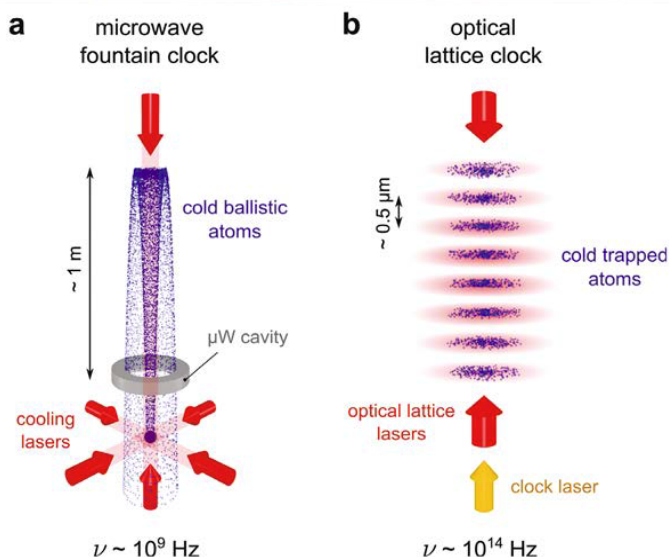
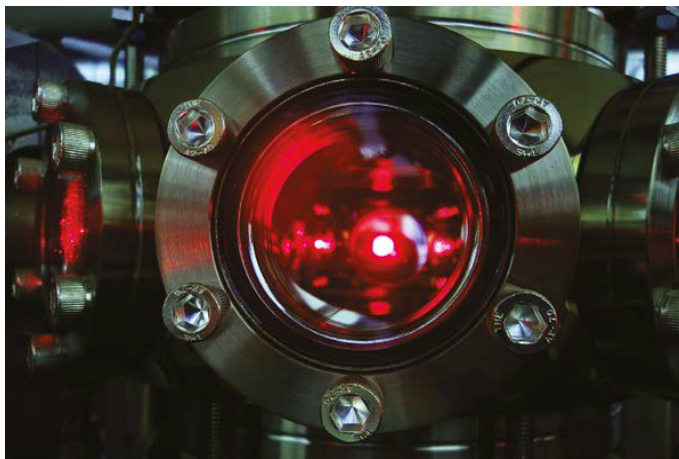
на по-добри бъдещи технологии, използващи светлината като носител на енергия и информация и като средство за изучаване и манипулиране на вътрешните характеристики на материята посредством взаимодействията светлина-вещество. Обзорът за *IYL-PS* на Мадридската група [17] и този на Тонгтонг Жу (*Tongtong Zhu*) и Рейчъл Оливър (*Rachel Oliver*) от Кеймбридж [18] очертават новите възможности, които източниците на единични фотони, реализирани в нитридните наноструктури, ще отворят в областта на квантовата фотоника и обработката на информация.

Квантова електродинамика



Фигура 4. Усукващ момент на Казимир (Casimir) между наноструктурирани пластини: Флуктуациите в квантовия вакуум предизвикват сили на Казимир, когато се разсейват от външните граници. Фигурата представлява скица на конфигурацията, която дава нарастване на въртящия момент на силата на Казимир (от Guérot, Genet, Lambrecht и Reynaud [20])

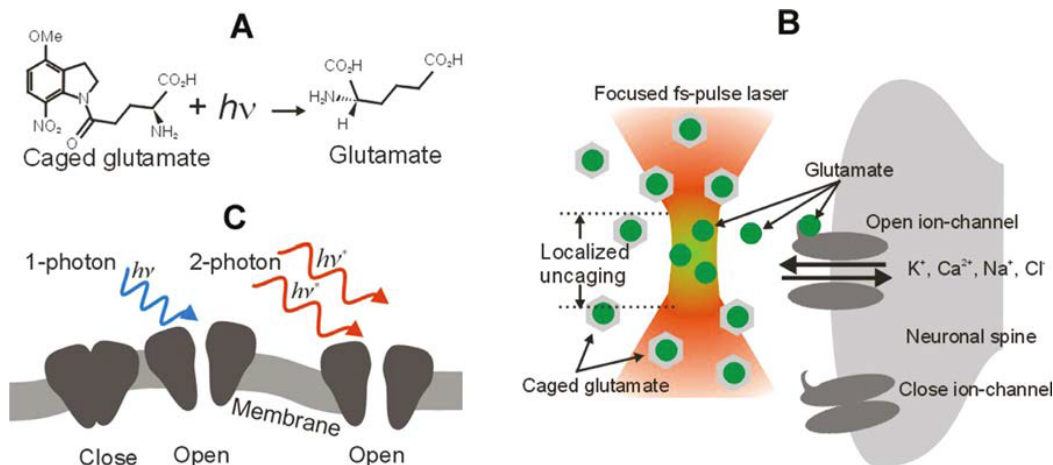
Резонаторната квантова електродинамика (*Cavity Quantum Electrodynamics – CQED*), където атом с две нива се свързва с няколко фотона, натрупани в единичен висококачествен резонатор, освен основната роля при изследването на кохерентни взаимодействия атом-поле, осигурява една идеална ситуация за изпълнение на квантово-информационни протоколи. В своята „Перспектива“ (*IYL-PS*) относно уловената в капан квантова светлина (*trapped quantum light*) [19], Мишел Брун и Жан-Мишел Раймон (*Michel Brune* и *Jean-Michel Raimond*) илюстрират фундаменталното значение на *CQED* във връзка с неотдавнашните експерименти, проведени с движещи се в кръг Ридбергови атоми и свръхпроводящи милиметрово-вълнови резонатори. Фундаменталните страни на *CQED* могат да се изследват в експериментите със сила на Казимир (*Casimir*), например чрез измерване на усукващия момент, предизвикан от флуктуации в квантовия вакуум между две наноструктурирани



Фигура 6. Студени атоми: Поле породено от светлина: (горе) Експеримент с лазерно охлаждане. Във вакуумната камера кълбо от $\sim 10^9$ студени ${}^6\text{Li}$ атоми (бялото петно в средата) при температура ~ 1 mK, свети докато разсейва фотони от сноповете лъчи в магнито-оптическия капан (с вежливото съгласие на *G. Roati, LENS*). (долу) Атомни часовници с лазерно охлаждане: В съвременните микровълнови часовници един атомен фонтан осигурява дълго време на тестване (*interrogation time*) с продължителност от порядъка на една секунда (a). В новото поколение оптични часовници атомите се захващат в оптична решетка, която блокира движението им и осигурява безоткатни и неповлияни от Доплеровия ефект измервания (b) (от *Fallani* и *Katsberg* [24]). (Оптична решетка се получава при противоположно-разпространяващи се лазерни лъчи, създаващи пространствена периодична поляризация. Най-добрите атомни часовници в света използват такива решетки като капани за атоми, за да получат тесни спектрални линии, които не се влияят от Доплеровия ефект и отката при излъчването - бел. пр.).

плочи (Фигура 4), както е показано в *IYL-PS* от Геру (*Guérout*) и др. [20], или с експеримента, предложен от Д. С. Итър Мл. (*D. S. Ether Jr.*) и др. [21], при който се използват оптични пинсети за изследване на взаимодействията на Казимир между микросфери във вътрешността на течна среда.

Светлина за графен и наномедицина



Фигура 5. Използване на светлина за сондиране на невронната функция: (а) Фотохимична реакция за активиране на ароматния пръстен на глутамата. (б) Илюстрация на 2Р (двуфотонно) активиране близо до окончанията на дендритите, където са разположени регулираните от невротрансмитери йонни канали. (с) Светлинно-активирани йонни канали (напр. родопсинов канал), експесирани в клетъчните мембрани. На схемата йонните канали не са представени пропорционално (от *Daria* и *Bachor* [23]).

Струва си да бъдат изтъкнати нови раздели от оптиката. Една от тях е свръхскоростната терагерцова (THz) спектроскопия за охарактеризиране на свръхбързата динамика на носители на заряд, като например електрони на Дирак и дупки в графена. Обзор върху неотдавнашни експерименти в тази бързоразвиваща се и вълнуваща област е направен в *IYL-PS* от Иван Иванов и др. от *MPI (Max Planck Institute)* за изследване на полимери в Майнц [22]. Другата област е оптиката в обширната и бързо развиваща се сфера на наномедицината, една сфера, която би заслужила цяла поредица от *IYL* „Перспективи“. Избран е само един пленяващ пример, дължащ се на Винсънт Дариа и Ханс Бахор (*Vincent Daria* и *Hans Bachor*) [23], където оптиката е представена като мощно средство за анализ на действието на невроните при обработка на информацията. Успоредно с изобразяването, лазерно-базираната симулация, напр. на светочувствителни невронни структури в невронната дейност, е станала добре утвърден метод за изследване на работата на невроните (Фигура 5). Дори при *in vivo* експерименти анализът е достигнал точност до нивото на реакция на един отделен неврон. Авторите твърдят, че

освен осигуряването на фундаментална информация за процесите в мозъка и за развитието му, оптичните методи могат да имат медицински приложения, напр. за анализ на психични заболявания.

Свръхстудените атоми и единството във физиката

В нашето спускане от най-високите енергии във физиката на астрочастиците (астрофизиката) и космологията към по-ниски и все по-ниски енергии по посока на обикновената кондензирана материя, най-накрая достигнахме света на свръхстудените атоми. Това е още една вълнуваща област от съвременната физика, подпомогната от светлината чрез лазерно охлаждане и получаване на оптични капани и решетки за квантови газове. Трийсетгодишната история на лазерното охлаждане, чак до последните постижения, е обобщена в *IYL-PS* от Фалани и Кастберг (*Fallani* и *Kastberg*) [24]: демонстрирането на Бозе-Айнщайнова (*Bose-Einstein*) кондензация, симулацията и тестването на основните квантови свойства, създаването на лазерно-охлаждани часовници за измервания с висока точност (Фигура 6), създаването на изкуствени възможности за симулиране на взаимодействията в други сфери на физиката, напр. в *QCD* (*quantum chromodynamics*), са само примери от новия свят на свръхниските температури, достижими с помощта на светлината. Голяма част от тази област се свързва с разделите от физиката, за първи път споменати в този обзор, с астрофизиката, с общата теория на относителността, с космологията и с фундаменталната метрология. Кръгът се затваря, напомняйки за най-важното единство във физиката: единство, което далеч надхвърля инструменталните аспекти, придобивайки висока концептуална стойност. Например, концепцията за идеален флуид може да се приложи при силно взаимодействащия преохладен газ на Ферми както и към кварк-глюонова плазма или в космологията – за описание на еволюцията на Вселената по Фридман-Леметр-Робъртсън-Уокър (*Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker*).

„Перспективите“ за още по-авторитетно списание *EPL*

„Перспективите“ срещнаха голям успех от гледна точка на брой четения/изтегляния: те систематично се появяват между първите 10 най-четени *EPL* публикации. Това показва, че има необходимост от кратки обзори, предназначени за аудитория от физици, работещи в близки области, които искат нещо по-технологично и богато на посочена литература, отколкото обичайната публикация във физическо списание, но по-късо и по-лесно за четене, отколкото стандартния обзор, написан за специалисти. „Перспективите“ полагат началото на един нова, добре приета услуга, която физичните организации, притежаващи *EPL*, предлагат на световната физична общност. Ето защо рубриката „Перспективи“ ще продължи, може би със съществено повишаване на броя обзори. Обаче, поканените „Перспективи“ са само една

малка част от публикациите в *EPL*. Повечето от публикуваните съобщения (малко повече от 1/3) в *EPL* се подбират измежду изпратените ръкописи от редакционната колегия от около 70 изтъкнати колеги, които представляват всички клонове от физиката и всички континенти и са изцяло и единствено отговорни за процеса на рецензиране.

Броят на отличните физични публикации, създадени по света, в голяма степен превишава това, което могат да приютят списанията с висок импакт-фактор. Не непременно най-добрите статии се публикуват в списанията с най-висок импакт фактор, тъй като научният престиж на статията в повечето случаи зависи в по-голяма степен от научния престиж на редакторите отколкото от популярността на списанието. Ако имате усещането, че вашата нова работа или променя парадигмата, или разкрива нова съществена изследователска област във физиката, или представлява съществен напредък в съответна сфера от физиката, или прави ценен принос в област с основна важност, тясно свързана с физиката, не се колебайте и я изпратете на *EPL*!

За авторите



Джорджо Бенедек (*Giorgio Benedek*) е бивш професор по строеж на материята в Университета на Милано-Бикока и гост професор в Международния център по физика в Сан Себастиан (Доностия), понастоящем е главен редактор на *EPL* и член на *EPS* (Европейско физическо дружество). Той работи в областта на твърдотелната физика, като главните му интереси са насочени към повърхностна динамика, повърхнинна фононна спектроскопия, електрон-фононно взаимодействие и нискоразмерни системи като наноструктуриран въглерод и квантови капчици (дроплетони).



Греъм Уот (*Graeme Watt*) е изпълнителен административен редактор на *EPL* от 2007 г. Освен проследяването на процеса за ефективно публикуване на списанието, той отговаря за стратегията и усъвършенстването му. Може да бъде открит да популяризира *EPL* по време на редица конференции.

Литература

- [1] J. M. Dudley, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 120001 (2015)
- [2] G. Benedek and G. Watt, *EPL* **107**, 40000 (2014)
- [3] J. Dunkley, *EPL* **111**, 49001 (2015)
- [4] D. Calonico, M. Inguscio and F. Levi, *EPL* **110**, 40001 (2015)
- [5] D. Strickland and G. Mourou, *Optics Comm.* **56**, 219 (1985)

- [6] G. A. Mourou, T. Tajima and S. V. Bulanov, *Rev. Mod. Phys.* **78**,309 (2006)
[7] O. Svetlo, *Principles of Lasers*, 5th edn, Springer, New York (2010)
[8] G. Mourou, J. A. Wheeler, and T. Tajima, *Europhysics News* **46/5&6**, 31 (2015)
[9] M. Nisoli *et al.*, *Appl. Phys. B: Lasers and Optics* **65**, 189 (1997)
[10] G. Cerullo, S. De Silvestri and M. Nisoli, *EPL* **112**, 24001 (2015)
[11] C. J. Joachain, *EPL* **108**, 44001 (2014)
[12] L. Bergé, *e-EPS*, 22 Oct (2015)
[13] D. Batani, *EPL* (to appear, 2016); see also D. Batani *et al.*, *EPL* **112**, 36001 (2015)
[14] S. Atzeni, *EPL* **109**, 45001 (2015)
[15] M. Feng and N. Holonyak jr., *EPL* **109**, 18001 (2015)
[16] Z.-Y. Li, *EPL* **110**, 14001 (2015)
[17] E. Chernysheva, *et al.*, *EPL* **111**, 24001 (2015)
[18] T. Zhu and R. A. Oliver, *EPL* **113**, 38001 (2016)
[19] M. Brune and J. M. Raimond, *EPL* **110**, 20001 (2015)
[20] R. Guérout, C. Genet, A. Lambrecht and S. Reynaud, *EPL* **111**, 44001 (2015)
[21] D. S. Ether jr., *et al.*, *EPL* **112**, 44001 (2015)
[22] I. Ivanov, M. Bonn, Z. Mics and D. Turchinovich, *EPL* **111**, 67001 (2015)
[23] V. R. Daria and H. A. Bachor, *EPL* **111**, 38001 (2015)
[24] L. Fallani and A. Kastberg, *EPL* **110**, 53001 (2015)

Europhysics News, **47** (2), 21 (2016)
(превод Мариана Кънева)

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

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

ЛАБОРАТОРИЯТА КАМЕРЛИНГ ОНЕС И ИНСТИТУТЪТ ЛОРЕНЦ, ЛАЙДЕН, НИДЕРЛАНДИЯ: „НАЙ-СТУДЕНОТО МЯСТО НА ЗЕМЯТА“

Dirk van Delft

На 9 февруари 2015 г. мястото на бившата Физична лаборатория към Лайденския университет беше официално призната като едно от историческите места на Европейското физическо дружество (EPS). На този ден избраният президент Кристоф Россел откри паметна плоча близо до настоящия вход на комплекса (от 2004 г. резиденция на Факултета по право на Лайденския университет).

Плочата се намира само на метри от бронзовия бюст на този, който направи това място известно – Хайке Камерлинг Онес. Текстът на плакетата гласи:

Лаборатория Камерлинг Онес и Институт Лоренц

Тук през 1908 г. Хайке Камерлинг Онес пръв успява да втечни хелий. Това отвори широко поле за нискотемпературни експерименти и доведе до откриването на свръхпроводимостта през 1911 г.

Тук през 1896 г. Питър Зеeman откри разцепването на атомните спектрални линии в магнитно поле. Хендрик Лоренц интерпретира факта като ефект на магнитната сила върху осцилациите на хипотетични заредени частици, които по-късно станаха известни като електрони.

През 1859 г. е построен комплекс, където се помещават катедрите по химия, физика и анатомия на Лайденския университет – в центъра на Лайден, на брега на Щееншу – мястото, което получава признание от Европейското физическо дружество. Осем години по-късно е построено ново здание на гърба на комплекса – новата Физична лаборатория, ръководена от Усвеп Айтнховен, изобретателят на електрокардиографа.

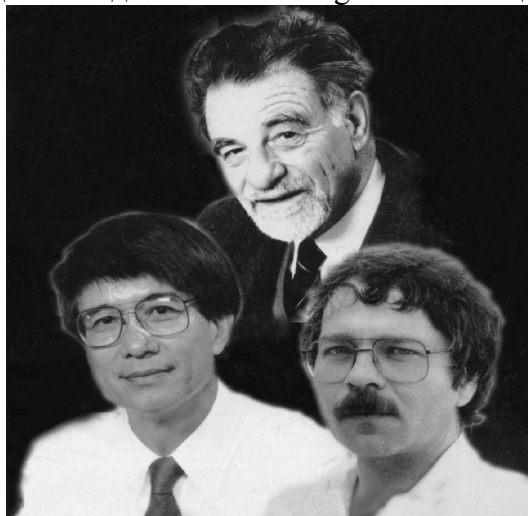
Да напомним, че през 2014 г. за историческо място на EPS беше обявен и кабинетът на големия български физик акад. Георги Наджаков. (бел. ред.)



30 ГОДИНИ ОТ ОТКРИВАНЕ НА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНАТА СВРЪХПРОВОДИМОСТ

Елена Назърова

През 1986 г. в швейцарския клон на IBM в Цюрих *Alex Muller* и *Georg Bednorz* установяват свръхпроводимост с критична температура, $T_c \sim 30$ K в оксидната система с перовскитна структура La-Ba-Cu-O [1]. Това откритие се превръща в едно от най-значимите научни достижения през 20 век. Чрез заместване на La^{3+} с Y^{3+} , който има по-малък йонен радиус, *Paul Chu* и сътрудници повишават T_c до 92 K след по-малко от година [2]. Това е началото на формиране на голяма група от материали, за които свръхпроводимият преход се наблюдава при охлаждане с течен азот, което е от изключителна важност за практическото приложение на явлението свръхпроводимост. В резултат на ентусиазираната работа в научните лаборатории по цял свят се откриват нови свръхпроводими групи от съединения (Bi-, Tl- и Hg- базирани) и след 6-7 години е достигната рекордната критична температура от 165 K в медно-оксидната система HgBaCaCuO под налягане [3].



Фигура 1. Професор *Paul Chu* и Нобеловите лауреати *Karl Alexander Muller* и *Johannes Georg Bednorz*, които откриват високотемпературната свръхпроводимост. (Reprinted from *Low Temp. Phys.*, **42** (2016) 837)

Интересът към високотемпературната свръхпроводимост беше подновен през 2008 г. с откриването на нов клас желязо-базирани високотемпературни свръхпроводници (ВТСП) [4], като високотемпературната свръхпроводимост се превърна в най-изучаваното явление след полупроводниците [5]. За кратко

време бяха открити няколко класа съединения, които са класифицирани на базата на тяхната кристалографска структура. Желязо-базираните оксипниктиди с формула REOFEPn (RE – редкоземен елемент; $\text{Pn} = \text{As}, \text{P}$) са известни като 1111 фамилия. Те са формирани от отрицателно заредени слоеве Fe-As (Fe-P), разделени с положително заредени RE-O слоеве. Чрез промяна на редкоземния елемент с La , Nd , Pr , Sm беше постигната максимална критична температура $T_c \sim 55 \text{ K}$ в съединението SmOFeAs [6]. Отрицателно заредените слоеве Fe-As (Fe-P), могат да бъдат разделени с алкален метал (A) – така се формира фамилията 111 (AFeAs) или с алкалоземен метал (B), при което се формира фамилията 122 (BFe_2As_2). Железните халкогениди са следващата важна група, съдържаща главно бинарното съединение Fe/Se(Te) , известно като фамилия 11 (без междинни слоеве или атоми) и алкално допираните $\text{A}_{1-x}\text{Fe}_{2-y}\text{Se}_2$ ($\text{A} = \text{K}, \text{Cs}, \text{Rb}$) или фамилия 122. FeSe притежава най-простата кристална структура измежду желязо-базираните свръхпроводници, съдържа само два елемента и има $T_c \sim 8 \text{ K}$ в поликристална форма. Под налягане обаче T_c нараства до 27 K [7], показвайки най-голямо $dT/dP \sim 9 \text{ K/GPa}$. Големият потенциал на това съединение беше демонстриран напоследък, като в монослой FeSe беше установена $T_c \sim 100 \text{ K}$ [8]. Така FeSe се оказа най-простото бинарно високотемпературно съединение с критична температура далеч над температурата на течния азот.

Класическата нискотемпературна свръхпроводимост се обяснява с микроскопичната теория на свръхпроводимостта, предложена от *Bardeen-Cooper-Schrieffer* (*BCS*) [9]. Тя се базира на схващането за формиране на Куперови двойки, които кондензират подобно на бозоните в свръхфлуидно състояние. Макар че между електроните действа силата на Кулоново отблъскване, в резултат на тяхното взаимодействие с трептенията на решетката (фононите), е възможно слабо привличане и формиране на Куперови двойки при енергия по-малка от типичната за фононите. Затова T_c на конвенционалните свръхпроводници не надвишава 30 K [10], въпреки че тази граница беше ревизирана с откриването през 2001 г. на свръхпроводимост в MgB_2 с $T_c = 39 \text{ K}$. Все пак това е една гранична стойност, получена в резултат на оптимизиране на електрон-фононното взаимодействие. Дори това е твърде малко в сравнение с постигнатите стойности на критичната температура при медните оксиди и желязо-базираните високотемпературни свръхпроводници и подсказва, че друг тип взаимодействие от неконвенционален тип води до формиране на Куперовите двойки в този случай.

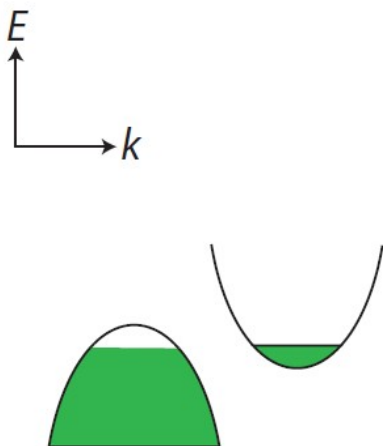
Тъй като *BCS* теорията не може да обясни високотемпературната свръхпроводимост, бяха предложени различни микроскопични модели. През 1987 г. *Anderson* [11] предлага известната теория за резониращата валентна връзка (*Resonating Valence Bond*), в която обаче далечният антиферромагнитен (*AFM*) порядък отсъства. Предложената от *Emery* теория се базира на тризо-

нен *Hubbard* модел, като AFM далечен порядък се получава при предположение за наполовина запълнена зона $\text{Cu}(3d)\text{-O}(2p)$ [12]. В модела на *Hubbard* се предполага съществуването на празни, двойно заети и единично заети (със спин нагоре или спин надолу) състояния. *Zhang* и *Rice* упростиават тризонния *Hubbard* модел, като го свеждат до еднозонен t-J модел [13], където Хамилтониана съдържа член с кинетичната енергия t и член с потенциалната енергия J , описвайки AFM взаимодействия. Предполага се съществуване на незаети състояния и на едично заети състояния (със спин нагоре или спин надолу), но двойно заети няма. t-J моделът обяснява някои свойства на ВТСП, но далеч не всички. Всъщност от откриването на ВТСП преди 30 г. досега не съществува добре приета теория, която да обяснява свръхпроводимостта в тези материали.

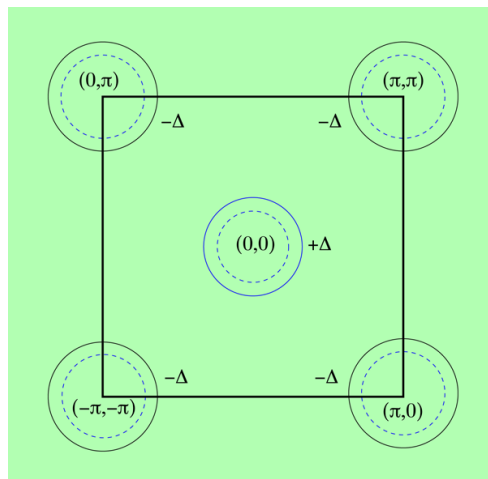
От структурна гледна точка съществуват определени прилики между купратите и желязо-базираните свръхпроводници. Те имат слоиста структура, характеризираща се с Cu-O_2 равнини при първите и равнини от желязни атоми, тетраедрично свързани с пниктоген (Pn)/халкоген(Ch), при вторите. Установена е силна корелация между T_c от една страна и ъгъла и разстоянието между Fe атом и Pn/Ch от друга.

Важна обща характеристика е установеният антиферромагнетизъм с далечен порядък в нормално състояние. Купратите в нормално състояние са *Mott* изолатори. При легирането (например с дупки) се достига критична концентрация на носители $p_{\min}$, при която AF подреждането се нарушава и се появява свръхпроводимост. Критичната температура расте до достигане на концентрация p_{opt} и след това намалява. Материалите с концентрация $p < p_{\text{opt}}$ са известни като слабо легирани, а тези с $p > p_{\text{opt}}$ – като свръхлегиранни.

Както са показали експериментите по ъглово зависима фотоемисионна спектроскопия и пресмятанятия на зонната структура, желязо-базираните свръхпроводници са полуметали. Полуметалите са материали, които имат слабо припокриващи се валентна и проводима зона и електроните от първоначално запълнената валентна зона преминават в проводимата зона (Фигура 2а), тъй като нивото на Ферми за двете зони е едно и също [14]. Това резултира в появата на малки „джобове“ с носители дупки около точката Γ ($p = 0,0$) и с електрони около точката M ($p = Q = (\pi, \pi)$) в зоната на Брилуен (Фигура 2б). Тъй като концентрацията на електроните и дупките е идентична, съществува пълно подобие между двата вида „джобове“. Това подобие може да доведе до поява на вълни на спинова плътност, както това се случва в чистия метал хром [15]. Допирането с електрони например увеличава електронните „джобове“ (от пунктирните сини до плътните черни линии – Фигура 2б) и нарушава съществуващото подобие. Трябва да отбележим още, че наличието на повече от един тип носители е свързано с комплексна повърхност на Ферми и многозонна структура.



Фигура 2а. Енергията на електрона като функция на k_x компонента на момента. Горната и долна зони са съответно проводимата и валентната.



Фигура 2б. Повърхността на Ферми с „джобове“ от електрони ($-\Delta$) и дупки ($+\Delta$).

Съществено различие между класическите свръхпроводници и ВТСП е съществуването на флукуационна свръхпроводимост при температури, надвишаващи T_c . Съществуването на термичните флукуации може да бъде установено при изследване на специфичната топлина, намагнитването и съпротивлението. Силата на термичните флукуации се определя от безразмерното число на *Ginsburg* – Gi . За конвенционалните свръхпроводници стойността на този параметър е малка $Gi \sim 10^{-5}$, което прави термичните флукуации почти не наблюдаеми. При купратите обаче Gi нараства до 10^{-3} - 10^{-2} , главно като резултат от високата стойност на T_c и малката дължина на кохерентност. Това увеличава важността на термичните флукуации при разглеждане на различни свойства на свръхпроводниците. Например флукуационната проводимост директно отразява вероятността за формиране на сдвоени носители при температури над T_c . Съгласно една от съществуващите концепции, установената псевдопразнина в слабо легираните купрати се формира над T_c в резултат на флукуационната свръхпроводимост, която предхожда свръхпроводимия преход.

Въпреки отбелязаните прилики между купратите и желязо-базираните свръхпроводници, многозонната структура на последните е неизбежна част от всеки теоретичен модел, в това число и при флукуационната свръхпроводимост. Показано е обаче, че независимо от комплексността на многозонната структура, изразите на *Aslamasov* – *Larkin* за парапроводимостта са валидни при пниктидите [16] и халкогенидите [17], а съществуването на псевдопразнина е дискуссионен въпрос.

Откриването на двата класа ВТСП (купратите и желязо-базираните) постави изключително важните въпроси, от една страна, за вида на взаимодействието, водещо до формиране на Куперовите двойки, а друга страна, за микроскопичната природа и роля на магнетизма. В този смисъл свойствата на материала и взаимодействията между носителите в нормално състояние имат съществено значение за достигане на свръхпроводимото състояние.

При $T > T_c$ проводимостта на купратите е почти на два порядъка по-ниска от тази на металите и проявява температурна зависимост, несъвместима с конвенционалната теория на металите. Самата структура и състав на купратите предполагат едно усилване на Кулоновото отблъскване между електроните. Мед-кислородните (Cu-O_2) равнини са разделени от инертни буферни слоеве и носителите в тях са сравнително добре локализирани подобно на набор от разделени атоми. Обикновено, за да се определи степента на Кулоновото взаимодействие, се разглежда отношението U/W , където U е параметър, контролиращ Кулоновото отблъскване между локализираните електрони в модела на *Hubbard*, а W е енергията на прескачане на делокализираните електрони. Стойността $U/W \simeq 1$ служи за граница между слабо и силно корелираните системи. При купратите необходимата енергия за преместване на един електрон от едно състояние в друго е твърде голяма. Това затруднява движението на носителите в нормално състояние в стехиометричното (нелегирано) съединение, то е изолатор и наподобява силно корелирана система.

Желязо-базираните свръхпроводници се определят като лоши метали, когато се сравнява тяхната проводимост при стайни температури с проводимостта на медта например. На базата на сравняване или фитване на съществуващите експериментални данни, за U са намерени различни стойности: от $U \leq 2$ (съответстващи на слабо корелирани системи) през $2,2 \leq U \leq 3,3$ (умерено корелирани системи) до $U = 4$ eV (силно корелирани системи), при предположение за $W \simeq 4 \div 6$ eV. От една страна, това се свързва с факта, че желязо-базираните свръхпроводници са мултиорбитални системи и в различните орбити корелационната сила може да е различна, генерирайки локализирани електрони за едни орбити и странстващи електрони за други [18]. От друга страна, трябва да отбележим и съществуващите разлики между пниктидите и халкогенидите. При пниктидите изходното съединение, в което впоследствие се наблюдава свръхпроводимост, се характеризира с *AFM* метално състояние, а при селенидите – с *AFM* изолатор (наподобявайки купратите) [19]. Възможно е независимо от стойностите на U , природата на магнетизма (странстващ или локализиран) и природата на изходното съединение (метално или изолатор), общи принципи да определят свръхпроводимостта в двата класа материали. Не е изключено обаче те да се окажат и различни класове материали с различен механизъм на формиране на Куперовите двойки.

Близостта на свръхпроводимото състояние до магнитно-подреденото състояние (*AFM*) предполага съществуване на връзка между механизма на формиране на Куперовите двойки и магнетизма. Микроскопичната природа на магнетизма в желязо-базираните свръхпроводници е свързана с електронната структура и степента на корелация на носителите в тези съединения. В изходното съединение Fe атоми притежават валентност +2, което означава, че 3d орбиталите са заети от 6 електрона. Тези орбитали определят електронните свойства на материала. Понеже Fe^{2+} йоните са заобиколени от други атоми, сферичната симетрия, характерна за единичния атом, се нарушава и d нивата се оказват петкратно изродени, като формират две групи с ниска енергия (e_g – двукратно изродени) и с висока енергия (t_{2g} – трикратно изродени). Разликата в енергиите на нивата e_g и t_{2g} е известна като кристално поле. В тетраедрично обкръжение се формират две спинов състояния ($e_g^4 t_{2g}^2$) и ($e_g^3 t_{2g}^3$) съответно със спин $S = 1$ и $S = 2$ и спинов момент $2\mu_B$ и $4\mu_B$. В рамките на схващането за силно корелирани електрони, интра-атомните взаимодействия са по-силни от интератомните и *AFM* подреждането е резултат от взаимодействието на локализираните магнитни моменти. В рамките на схващането за делокализираните електрони, Fe базираните свръхпроводници са слабо корелирани метални системи, при които водещо е интератомното обменно взаимодействие между проводимите електрони. Към настоящия момент съществуват доста експериментални факти, но някои са в подкрепа на първото схващане, а други – на второто. Различните класове от желязо-базирани свръхпроводници предоставят възможността за изучаването на различните схващания за физиката на комплексните електронни системи, като: взаимодействия от *Hubbard* тип, обменни взаимодействия в многозонни метални системи и връзката между високотемпературната свръхпроводимост и магнетизма [20].

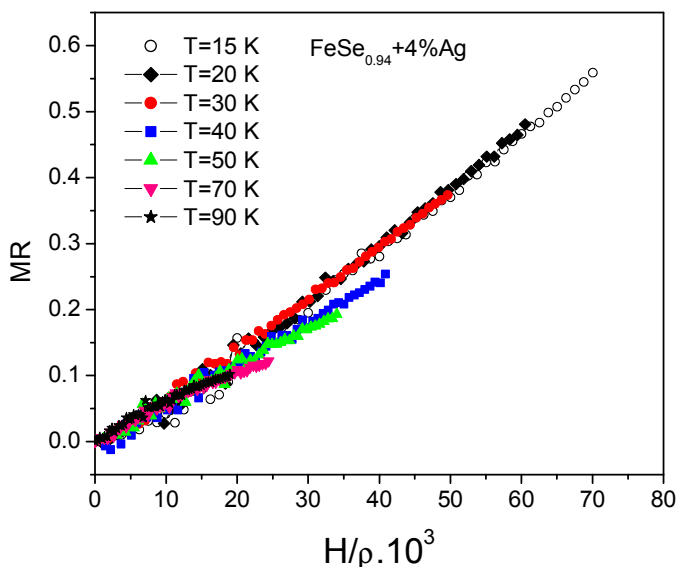
След този кратък преглед нека се обърнем към изследванията на ВТСП, провеждани в България. Няколко месеца след откриване на ВТСП (на 20 април 1987 г.), специалисти от Института по физика на твърдото тяло при БАН регистрират свръхпроводящ преход при $T_c(0.5R_n) = 86.5 \text{ K}$ в системата Y-Ba-Cu-Pt-O [21, 22], с което се поставя началото на изследванията в страната. Много бързо и други научни институти на БАН (Институтът по електроника, Институтът по обща и неорганична химия) и висши учебни заведения (Софийският университет, Химико-технологичният и металургичен университет, София) се включват в тези изследвания. Изгражда се немалка школа от специалисти, които са работили или все още работят в престижни лаборатории по света [23]. В годините на прехода този потенциал не беше съхранен и обновен. Затова след откриване на желязо-базираните свръхпроводници само една малка група от Института по физика на твърдото тяло се включи в изследването на тези материали. В рамките на Европейския

проект Евroatом, бяха получени и изследвани съединения от групата на селенидите: поликристални FeSe с $T_c \sim 8-10$ K и FeSeTe. При частичната субституция на Se с Te се повишава вътрешното налягане и критичната температура нараства до ~ 14 K.

Заради особеностите на фазовата диаграма на съединението FeSe, свръхпроводимата тетрагонална β -фаза се получава в тесен композиционен интервал 49 – 49.4 ат. % Se, смесена с фазата със структура NiAs. При понижаване на температурата и продължително отгряване при около 400 °C последната се трансформира, но не напълно в β -фаза. Затова при получаването на монокристали по флукс метода, в тях е установено присъствие на около 18% хексагонална несвръхпроводима фаза и те са наречени просто кристали. Те са използвани за изследване на флуксoidната динамика в смесено състояние. За целта е използвана третата хармоника на променливотоковата магнитна възприемчивост, която е най-чувствителна към процесите на необратимо движение на флуксoidите през центровете на пининг [24]. Чрез промяна на амплитудата и честотата на променливото магнитно поле е наблюдаван за първи път в кристали $Fe_{1.02}Se$ преходът от състояние на стабилен пининг през междинните режими (на пълзене на флуксoidите) накрая до доминиране на движението на флуксoidите (*Flux Flow*). Чрез изследване на линията на необратимост, $H_{irr}(T)$ и линията $H_{c2}(T)$ в полета, перпендикулярни и успоредни на равнината на кристала, е установено, че анизотропията е много малка (~ 1) и почти постоянна с температурата, като само в близост до T_c слабо нараства [25]. Високата изотропност на материала FeSe в съчетание с проста структура (присъствие на само два химични елемента) и високо критично магнитно поле ($B_{c2}(0) \sim 40$ T) го правят много перспективен от практическа гледна точка.

Съществуваше известен опит в изследване влиянието на добавките (Pt и Ag) върху получаването и свръхпроводимите свойства на системата $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ [21, 22, 26]. Този подход е успешно пренесен към системата FeSe. Синтезиран е поликристален FeSe с добавка на различно количество Ag и на практика е получен нов свръхпроводим материал. Той съдържа главно свръхпроводимата тетрагонална фаза, като липсват дори следи от хексагоналната фаза, присъстваща когато образците се получават от стопилка и без добавка на Ag [27]. Варирайки съдържанието на среброто е установиено, че оптимални резултати от гледна точка на структура и свръхпроводими свойства се получават при добавка на 6 тегл. % Ag. Чрез рентгеноструктурен анализ и сканираща електронна микроскопия е установено, че Ag присъства като нереагирало, под формата на примесната фаза Ag_2Se ($\sim 1\%$) и в елементарната клетка на съединението [28]. Нереагиралото Ag, разположено по границите на зърната, подобрява връзките между тях и води до намаляване ширината на свръхпроводимия преход до стойности ≤ 1 K, което е резултат

по-добър от този, докладван за монокристали. Подобно на системата YBCO, преобладаващите интергрануларни връзки са от вида свръхпроводник-нормален метал-свръхпроводник [29]. Установени са още редица положителни ефекти: покачване на T_c , повишаване на второто критично магнитно поле и енергията за термично активиране на флуксоните в смесено състояние (повече от 3 пъти), нарастване на магнитосъпротивлението (MR) в нормално състояние, увеличаване на параметъра на *Ginsburg – Landau* ($k \sim 104$) и отнемстване на линията на необратимост към по-високите температури и полета. Част от тези ефекти се свързват с увеличаване концентрацията на носители в резултат на внедряване на Ag в елементарната клетка, а друга част са резултат от увеличаване количеството и ефективността на пининг центровете, вероятно свързано с формираната примесна фаза Ag_2Se .

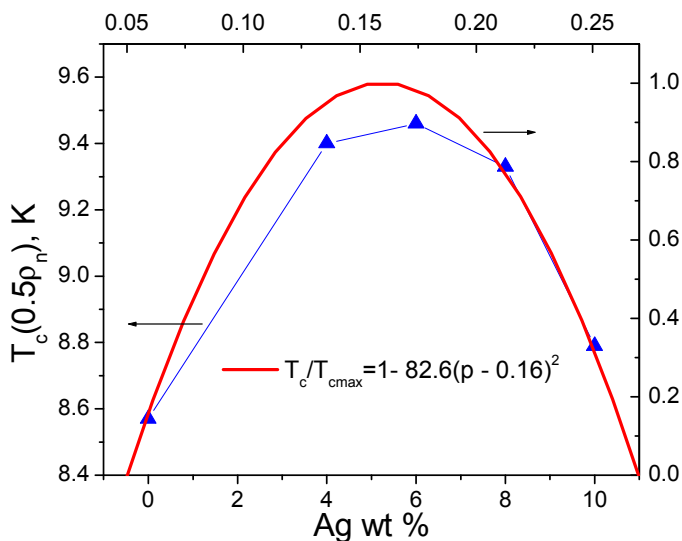


Фигура 3. Kohler-представяне на магнитосъпротивлението (MR) при различни температури за образец $FeSe_{0.94}$ с добавка на Ag

Изследването на ефекта на Хол в поликристални образци $FeSe_{0.94}$ и $FeSe_{0.94} + 6$ тегл. % Ag в нормално състояние показва промяна на знака на константата на Хол с температурата, потвърждавайки присъствието на два типа носители в тези съединения: дупки при високи температури и електрони – при ниски температури (и непосредствено преди свръхпроводимия преход) [30]. Добавката на Ag променя баланса между двата типа носители и е причина за нарастване на магнитосъпротивлението в образците със Ag. За случая на материал с един тип носители, с еднаква циклотронна честота и

време на релаксация, MR е функция на B/ρ_0 . Магнитосъпротивлението при различни температури, представено в координати $(\rho_H - \rho_0)/\rho_0$ и B/ρ_0 (*Kohler plot*), се наслажда върху една крива (ρ_0 и ρ_H са съпротивлението при отсъствие и наличие на магнитно поле съответно). За образците със Ag такова съвпадение на зависимостите при различни температури не беше установено (Фигура 3). Това е още едно доказателство за многозонната структура на изследваните образци.

Наблюдавана е линейна температурна зависимост на съпротивлението в нормално състояние за всички образци (със и без Ag) в температурния интервал, определен от свръхпроводимия преход (~ 10 K) и структурния фазов преход (~ 80 K). Подобно поведение показват и купратите над T_c . Това поведение не е характерно за *Fermi*-течностите и подсказва, че в двата типа свръхпроводници (купратите и желязо-базираните) съществува силна електронна корелация.



Фигура 4. Сравняване на теоретичната крива (червена), даваща връзката между нормираната критична температура и носителите в $Cu-O_2$ равнини при купратите, и експерименталната зависимост (в синьо) на T_c от количеството на добавеното Ag в образци $FeSe_{0.94}$

Нека отбележим и интересната зависимост на критичната температура $T_c(0.5\rho_n)$, определена от средата на резистивния преход (ρ (T)) като функция на концентрацията на добавеното Ag в образците $FeSe_{0.94}$ (Фигура 4). За сравнение на фигурата е добавена известната при купратите зависимост на нормираната критична температура (нормирана към стойността на T_c в опти-

мално легирания образец) и носителите в Cu-O_2 равнини. Сходството на двете криви е очевидно, но все пак трябва да подчертаем, че при експериментално определената зависимост по оста X е нанесена концентрацията на среброто, а не на носителите в образците. Твърде логично е между тях да съществува връзка, разбира се.

Стойността на критичния ток е важна характеристика от гледна точка на практическото приложение на материала. Чрез изследване на зависимостта $M(H)$ при различни температури, е определен критичният ток $J_c(H, T)$. Установено е, че $J_c(T = 4\text{K}) \sim 8000 \text{ A/cm}^2$ за образца с добавка на Ag и тази стойност е около 2 пъти по-голяма от J_c за образца без Ag при полета до 2,5 T и остава по-голям при полета до 6.5 T [31]. Получените поликристални образци $\text{FeSe}_{0.94}$ с и без добавка на Ag не притежават текстура и се характеризират с не много висока плътност – около 70% от теоретичната. Това, вероятно, е причината за не много високите стойности на J_c . С оглед повишаване плътността на образците, те бяха допълнително отгряти при 700 °C и 1 GPa изостатично налягане в продължение на 1 час. Тази обработка повиши T_c , второто критично магнитно поле и полето на необратимост [32]. Предстои да се установи и въздействието върху J_c .

Базирайки се на натрупаните теоретични разглеждания и експериментални факти, можем да резюмираме, че ВТСП (купрати и желязо-базирани) са: (а) силно корелирани електронни системи със (б) слоиста структура, (в) ниска плътност на носителите в нормално състояние, (г) ниска плътност на свръхпроводящия флуид в свръхпроводимо състояние и присъствие на леки елементи (B, C, N и O), формиращи силни химични връзки. От особено значение е присъствието на 3d преходни метали Cu и Fe, при които отсъства един електрон, за да бъде запълнено 3d нивото (при Cu) или има един електрон повече при наполовина запълнено 3d ниво (при Fe). Докато Кулоновото отблъскване е разрушително за нискотемпературната свръхпроводимост, то осигурява едно изходно състояние, благоприятстващо високотемпературната свръхпроводимост. Разгадаването на механизма на формиране на Куперовите двойки и изграждането на адекватна теория на ВТСП ще подскаже насоките, в които да се търсят съединения с още по-високи критични температури, и ще направи още по-реалистично практическото приложение на това уникално явление.

Авторът изказва своята голяма благодарност на проф. дфн Н. Тончев, доц. д-р Н. Балчев, доц. д-р Р. Камбунова и гл.ас. д-р К. Бучков за внимателния прочит на статията и направените важни бележки за подобряване качеството на материала.

Литература

- [1] J. G. Bednorz and K. A. Müller, *Z. Phys. B: Condens. Matter* **64** (1986) 189.
- [2] M. K. Wu, J. R. Ashburn, C. J. Torng, P. H. Hor, R. L. Meng, L. Gao, Z. J. Huang, Y. Q. Wang, and C. W. Chu, *Phys. Rev. Lett.* **58** (1987) 908.

- [3] M. Nuñez-Regueiro, J. -L. Tholence, E. V. Antipov, J. -J. Capponi, M. Marezio, *Science* **262** (1993) 97.
- [4] Y. Kamihara, T. Watanabe, M. Hirano, and H. Hosono, *J. Am. Chem. Soc.* **130** (2008) 3296; Y. Kamihara et al., *J. Am. Chem. Soc.* **128** (2006) 10012.
- [5] P. A. Lee, N. Nagaosa, Xiao-Gang Wen, *Reviews of Modern Physics*, **78** (2006) 17
- [6] Zhi-An Ren, Guang-Can Che, Xiao-Li Dong, Jie Yang, Wei Lu, Wei Yi, Xiao-Li Shen, Zheng-Cai Li, Li-Ling Sun, Fang Zhou, Zhong-Xian Zhao, *Europhysics Letters*, **83** (2008) 17002; Ren Zhi-An, Lu Wei, Yang Jie, Yi Wei, Shen Xiao-Li, Li Zheng-Cai, Che Guang-Can, Dong Xiao-Li, Sun Li-Ling, Zhou Fang, Zhao Zhong-Xian, *Chin Phys. Lett.* **25** (2008) 2215; *arXiv:0804.2582*
- [7] S. Medvedev, T.M. McQueen, I. Trojan, T. Palasyuk, M.I. Erements, R.J. Cava, S. Naghavi, F. Casper, V. Ksenofontov, G. Wortmann, C. Felser, *Nature Materials*, **8** (2009) 630
- [8] Jian-Feng Ge, Zhi-Long Liu, Canhua Liu, Chun-Lei Gao, Dong Qian, Qi-Kun Xue, Ying Liu, Jin- Feng Jia, *Nature Materials*, **14** (2015) 285
- [9] J. Bardeen, L.N. Cooper and J.R. Schrieffer, *Phys. Rev.* **108** (1957) 1175
- [10] M. Cohen and P. W. Anderson, Superconductivity in d- and f- band Metals (ed. Douglas D.H.) 17-27 (American Institute of Physics, 1972)
- [11] P. W. Anderson, G. Baskaran, Z. Zou, T. Hsu, *Phys. Rev. Lett.*, **58** (1987) 2790
- [12] V. J. Emery, *Phys. Rev. Lett.*, **58** (1987) 2794
- [13] F. C. Zhang, T.M. Rice, *Phys. Rev. B* **37** (1988) 3759
- [14] D. C. Johnston, *arXiv:1005.4392v2*
- [15] E. Fawcett, *Rev. Mod. Phys.* **60** (1988) 209
- [16] L. Fanfarillo, L. Benfatto, S. Caprara, C. Castellani and M. Grilli, *Phys. Rev. B* **79** (2009) 172508
- [17] R. Schneider et al., *J. Phys.:Cond Matt.* **26** (2014) 455701; Junyi Ge, Shihun Cao, Shujuan Yuan, Baojuan Kang, Jincang Zhang, *arXiv:1003.5415*
- [18] Rong Yu and Qimiao Si, *arXiv:1208.5547v1*
- [19] E. Dagotto, *Rev. of Mod. Phys.*, **85** (2013) 849
- [20] Norman Mannella, *arXiv:1410.5275*
- [21] V. Kovachev, E. Vlakhov, K. Nenkov, V. Lovchinov, M. Gospodinov, A. Stojanova, D. Dimitrov, M. Czyczek, T. Midlarz, *Int. J. Mod. Phys. B*, **1** (1987) 223
- [22] V. Kovachev, E. Vlakhov, K. Nenkov, V. Lovchinov, M. Gospodinov, A. Stojanova, D. Dimitrov, T. Midlarz, *Int. J. Mod. Phys. B*, **1** (1987) 479
- [23] E. Назърова, *Светът на физиката*, **35**, 1 (2012) 7
- [24] K. Buchkov, M. Polichetti, K. Nenkov, E. Nazarova, D. Mancusi, N. Balchev, D. Kovacheva, A. Zahariev, S. Pace, *Supercond. Sci. Technol.* **28** (2015) 035009

- [25] A. Leo, G. Grimaldi, A. Guarino, F. Avitabile, A. Nigro, A. Galluzzi, D. Mancusi, M. Polichetti, S. Pace, K. Buchkov, E. Nazarova, S. Kawale, E. Bellingeri, C. Ferdeghini, *Supercond. Sci. Technol.* **28** (2015) 125001
- [26] V.T.Kovachev, E.S.Vlakhov, K.A.Nenkov, V.A.Lovchinov et al., *Proc. of ICEC 12*, Southampton, UK (1988) 1026
- [27] E. Nazarova, N. Balchev, K. Nenkov, K. Buchkov, D. Kovacheva, A. Zahariev, G. Fuchs, *Supercond. Sci. Technol.* **28** (2015) 025013, *arXiv:1407.8472*
- [28] E. Nazarova, N. Balchev, K. Nenkov, K. Buchkov, D. Kovacheva, A. Zahariev, G. Fuchs, *Supercond. Sci. Technol.* **28** (2015) 125013, *arXiv:1510.02003*
- [29] K. Buchkov, E Nazarova, N. Balchev, D. Gajda, K. Nenkov, A. Zahariev, *AIP Conference proceedings* 1722 (2016) 080002
- [30] E. Nazarova, Comparative study of cuprates and iron-based superconductors, DSc Dissertation, 2016
- [31] A Galluzzi, M Polichetti1, K Buchkov, E Nazarova, D Mancusi and S Pace, *Supercond. Sci. Technol.* **30** (2017) 025013
- [32] G. Gajda, A. Morawski, K. Rogacki, T Cetner, A. J. Zaleski, K. Buchkov, E. Nazarova, N. Balchev, M. S. A. Hossain, R. Diduszko, K. Gruszka, P Przyslupski, Ł. Fajfrowski, D. Gajda, *Supercond. Sci. Technol.* **29** (2016) 095002

30 YEARS AFTER THE DISCOVERY OF HIGH-TEMPERATURE SUPERCONDUCTIVITY

Elena Nazarova

АРИСТОТЕЛ – ЕНЦИКЛОПЕДИСТЪТ НА ДРЕВНОСТТА

Сашка Александрова

Увод

Аристотел е титанична фигура на старогръцката наука и философия. Има принос в почти всяка област на познанието: логика, математика, физика, биология, ботаника, политика, етика, агрономство, медицина, образование. Интересувал се е и от чуждестранни обичаи, литература, поезия, театър. С право може да бъде наречен *енциклопедист на древността*. Той пръв в историята проправя пътя на научния подход за разбирането на природата и обществото.



Фигура 1. Бюст на Аристотел

Аристотел е оказал силно влияние върху по-късните епохи, съчиненията му са приети от древно-римската култура, философия, политика и през Рим достигат Византия. Представите му за света доминират и през Средновековието. Той единствен от древно-гръцките философи е признат и от християнската схоластика, и от ислямската философия. Авторитетът му е толкова голям, че при спорове, като най-важен аргумент се използва „*Magister dixit!*“, т.е. „Учителят каза“. Често, когато става дума за него, казват просто *Философът*.

Защо влиянието му върху следващите поколения е толкова голямо? Основната причина е в систематичния подход при описанието на околния свят. Това всъщност е предвестник на съвременния научен подход: наблюдение, анализ, изводи. Липсва научният опит, създаването на условия за многократно наблюдение на явленията и съответно възможност за подробен анализ. Оттам идват и заблужденията му относно движението на телата, строежа на материята и устройството на Вселената, прострели се върху 2 хилядолетия. Едва ли можем да го виним за тях. Заблуждения могат да се намерят и при учените от следващите поколения, макар и да не са оказали толкова силно влияние. Понякога е трудно да се отличи заблуждението от скептицизма, както и от прекалената увереност. Аристотел е имал силата на духа да развие и отстоява собствени виждания, различни от тези на своя учител и голям авторитет от същото време Платон. Аристотел ни оставя научна и философска система, която е в основата на културата и цивилизацията в продължение на 2000 години – от древността до наши дни.

С решение на 38 сесия на Генералната конференция на ЮНЕСКО (Париж, ноември 2015 г.), 2016 г. е официално обявена за „Юбилейна година

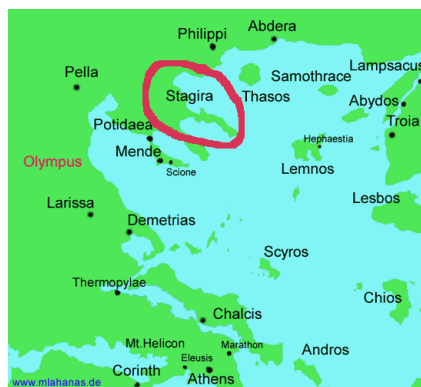
на Аристотел“, по предложение на Университета в Солун, който носи неговото име. Чествания на този юбилей се провеждат по цял свят.

Произход и образование

Аристотел е роден в гр. Стагира на Халкидическия полуостров през 384 г. пр.н.е. (Фигура 2).

Баща му Никомах е придворен лекар при цар Аминт III (баща на Филип Македонски). Майка му Фестия също е дъщеря на лекар от Халкида. Без съмнение, домашната среда е оказала влияние за формирането на реалистичния му подход към разбирането на околния свят.

Родителите му умират рано и съпругът на голямата му сестра, негов настойник, го изпраща да продължи образованието си в Атина като ученик на Платон. Аристотел остава в Платоновата Академия в продължение на двадесет години от 367 г. пр. н.е., отначало като ученик и след това като колега. След смъртта на своя учител той напуска Академията. Причина за това най-вероятно е, че Платон оставя школата си на свия племенник *Speusippus*.



Фигура 2. Град Стагира



Фигура 3. Известната картина на Рафаел „Атинската школа“, рисувана през 1510 – 1511 г.

През 343 г. по покана на Филип II в продължение на 5 години Аристотел е учител и възпитател на бъдещия Александър Велики до възкачването му на трона. Обучението включва управление на стопанство, войска, упражняване на диалози, четене на трактати, тълкуване на мъдреците. Дватамата остават в контакт чрез писма. Влиянието на Аристотел върху завоевателя може да се види в уметелото и дипломатичното отношение на последния при трудни политически проблеми през цялата му кариера. Навикът на Александър да носи книги със себе си по време на походите се дължи на влиянието на Аристотел, също както и подкрепата на Александър за изкуството и културата.

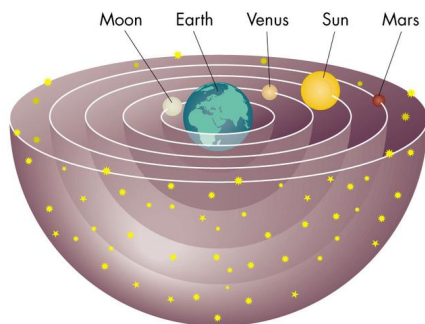
През 335 г. пр.н.е. Аристотел основава в Атина свое училище, конкурент на Платоновата Академия. Училището е наречено Ликеум (*Lyceum*) поради близкото разположение с храм на Аполон Ликейски. От наименованията на Платоновата академия и Ликеят на Аристотел идват днешните понятия академия и лицей. Лицейт има голяма и добре подредена библиотека, като по нейния модел са организирани библиотеките в Александрия и Пергамон. В училището сутрин Аристотел изнася сериозни лекции за своите студенти, а вечер представя лекции за широка публика. След смъртта на Александър той напуска Атина, тъй като е заплашен със съд заради подкрепата си за неговото управление. Библиотеката и Лицея той оставя на ученика си Теофраст. Умира на остров Евбея през 322 г. пр.н.е. и е забравен за няколко поколения.

Предполага се, че Аристотел е оставил около 200 съчинения, като до нас са достигнали 31, които представляват записки на лекциите му. Те са отново открити в началото на новата ера, пренесени в Рим, през Византия и арабския свят и средновековна Европа. За много поколения важи „*Magister dixit!*“ (Учителят каза!).

На Фигура 3 е представена известната картина на Рафаел „Атинската школа“. Централните две фигури са на Платон и Аристотел, които държат в ръце свои съчинения. Картината е рисувана много векове по-късно от времето, в което е живял Аристотел, което показва силното му влияние върху интелектуалния живот в Европа по време на Ренесанса.

Физиката на Аристотел

Според Аристотел истинското знание се получава от внимателно изучаване на света около нас. Той е първият, който, изучавайки природата, основава познанието върху опита. Това е разлика от идеите на



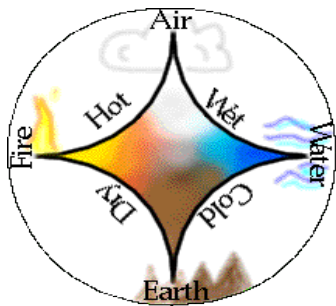
Фигура 4. Космологията на Аристотел

Платон, за когото знанието идва само когато философът избяга от света на сетивното възприятие, което може да го подведе. Аристотел никога не приема Платоновата *Теория на Формите*, нито вярва, че поставянето на невидимото в центъра на познанието може да даде обяснение за наблюдавания свят. Реалността за Аристотел е светът около нас, а не предмет на дейност на ума, което би могло да бъде просто фантазия.

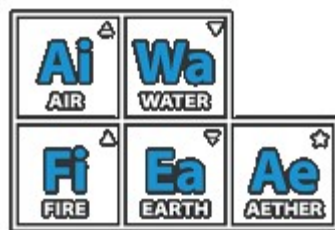
Физичните представи на Аристотел са удивително реалистични, характеризират се с последователност и са в съгласие със здравия разум. Тези представи са много по-различни от съвременните представи, но са в съответствие с ежедневието на древността. По тази причина физиката на Аристотел е напълно приета в продължение на 2000 години до революцията на Коперник.

Аристотел е привърженик на геоцентричната система. В центъра на света е Земята, после идва Луната, планетите и накрая звездите. Небесните тела се движат по небесни сфери. Такава картина е в съгласие с наблюденията на небесните тела и видимото им движение.

Светът според Аристотел се състои от две различни части: подлунен и небесен свят. Подлунният свят – това е светът около нас, където нещата идват и си отиват, където сме родени и живеем, където движението започва и спира. Небесният свят – това е светът, където нещата се случват отново и отново: слънцето изгрява и залязва, появяват се сезоните, планетите се движат в цикли.



Фигура 5. 4-те главни елемента на Аристотел



Фигура 6. Периодичната система на Аристотел

Аристотелевият свят е изграден от 4 основни същности: горещо, студено, сухо и мокро, които могат да се комбинират само по 4 начина (Фигура 5). Така се получават 4 главни елемента: земя, въздух, вода и огън. Комбинациите са следните

земя = сухо + студено
 вода = мокро + студено
 огън = сухо + горещо
 въздух = горещо + мокро

Всеки от четирите елемента в природата има особено, присъщо само на него място: огънят и въздухът – горе, водата и земята – долу. Тези 4 елемента напомнят 4-те състояния на материята, както ги разбираме сега, а именно твърдо състояние, течност, газ и плазма.

Бихме могли да си представим елементите като „периодична система“. Към 4-те елемента Аристотел добавя и 5-ти елемент, изпълващ цялото пространство – етер. Представата за етера просъществува до началото на XX в.

Наблюденията на Аристотел показват, че нещата имат естественото състояние на покой. Всички неща, приведени в движение, рано или късно идват в покой. Освен това всяка материя има естествено място, към което се стреми. Естественият ред е огън, въздух, вода и земя. Земята се стреми „по-надолу“ отколкото водата.

Движенията са два вида: естествено и принудено. При естественото движение обектите се стремят към естественото си положение и тогава това е движение нагоре и надолу по права линия. Принудено движение се наблюдава, когато един обект директно действа върху друг, т.е. казано на съвременен език само когато действа сила. Тогава обаче е трудно да се обясни движението спрямо хоризонта, тъй като хвърлено тяло продължава да се движи във въздуха, вместо да падне към земята. Аристотел намира следния изход. В този случай въздушните пластове пред тялото се разместват от движението. Въздухът зад тялото се завихря и го бута напред, като този ефект отслабва с времето и тялото накрая пада на земята. За Аристотел движението е процес. Скоростта на принуденото движение е пропорционална на силата. За Нютон движението е промяна на състоянието, за което е необходима сила. От съвременна гледна точка съгласно принципите на класическата механика на Нютон представите на Аристотел изглеждат наивни, но те съответстват напълно на наблюдаваните движения в заобикалящата ни среда.

Свободното падане на телата също занимава Аристотел. Тук той определя два важни момента.

1. Скоростта на падане е пропорционална на теглото. По-тежките предмети падат по-бързо!
2. Скоростта, с която телата падат, е обратно пропорционална на плътността на средата.

С тези изводи Аристотел е първият, който мисли за движението *количествено*. Можем да кажем и че Аристотел прави *мислени експерименти*. По отношение на падащи тела той сравнява скоростите на падане в различни среди: въздух, вода и празно пространство. Стига до извода, че празно пространство не съществува, тъй като тогава скоростта на падане би била безкрайна. Оттам е известният и досега израз „*природата не търпи празно пространство*“.

Представите на Аристотел за природата на Вселената и по-точно за това дали целокупната ѝ маса е безкрайна по величина или е ограничена, е отворен въпрос. Космосът е изпълнен с невидимия етер. Планетите и звездите се движат по кръгови орбити през етера. Звездите са закрепени на кристалните небесни сфери, които се привеждат в движение от безконечното еднообразно въртене на крайната сфера.

За Аристотел времето и пространството са свързани посредством движението. Движението има продължителност, защото е движение през непрекъснатото пространство. *Времето е число* на движението по отношение на „преди“ и „след това“, т.е. числова характеристика на движението. За Аристотел, както и за Нютон, времето е абсолютно. (Да си спомним какво казва Айнщайн за времето: *Времето е това, което отчитаме по часовника*).

Разсъжденията на Аристотел, които можем отнесем към гравитацията са, че всяко тяло да има лекота или тежест, или и двете. За илюстрация той разсъждава по следния начин, използвайки идеята за 4-те елемента. Стихиите са тежки и леки една спрямо друга, напр. въздухът спрямо водата и водата спрямо земята. Тежко е това, за което е естествено да се носи към центъра, а леко – от центъра, най-тежко е разположеното под всички други неща, които се носят надолу, а най-леко – това, което се издига най-горе от носещите се нагоре. Аристотел прави извод, че по-тежките тела падат по-бързо към Земята, схващане, което господства две хилядолетия.

Заклучение

Аристотел полага основите за системно развитие на науката и философията, създавайки основната рамка за разбиране на природата. Представите му представляват едно систематично обяснение, основано на опитни доказателства и логичен анализ. Той ни оставя стройна методология и верни наблюдения, които го водят обаче до погрешни заключения за строежа на материята и устройството на Вселената. Той често прави извода „невъзможно е да е иначе“, без да се сети да направи реален експеримент. За достигане на тази идея на човечеството му са били нужни 2000 години до времето на Галилей.

Независимо от това, Аристотел остава един от най-великите мислители на човечеството, завещавайки ни представата за един реален и познаваем свят, в който живеем. Според него „всички хора по природа се стремят към знание“ и светлината на истината се намира тук, в материалния свят, и нашата задача е да го разберем и намерим нашето място в него. В своето съчинение *Политика* Аристотел пише, че стремежът на обществото е да даде възможност на всеки човек „да постигне по-добър живот чрез взаимен обмен на различни услуги“, с което се явява и далечен прародител на съвременните комуникации.

Критичното му отношение и скептицизъм, както и неприемането на доверие на мнението на авторитетите, са в основата на последващото развитие на познанията ни за света и на развитието на научния подход. Той пръв дефинира ясно какво е научно знание, което трябва да се изучава. Основаният от него Лицей може да се нарече първия *Факултет по природни науки*. Така науката става колективна организирана система, каквата е и днес. В „Британската енциклопедия“ за него се казва: „Аристотел е първият истински учен в историята“.

Литература

В настоящата статия са използвани материали от Интернет.

ARISTOTLE – THE ENCYCLOPEDIST OF ANTIQUITY

S. Alexandrova

The present paper is dedicated to the 2400th anniversary of the birth of one of the greatest thinkers and philosophers in the history of civilization – Aristotle. Some facts about his life and his scientific activities are presented. His insights about the structure of the universe, physical laws, and ways of reaching our knowledge of the world are discussed.

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

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

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, 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. **Бележките под линия** да не са оформени като footnote, а да са накрая на съответния материал.

4. **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.

5. **Използваната литература** трябва да съдържа литературни източници, които са достъпни за проверка.

6. 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.**



НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. дтн, Технически университет, София;
Пенка Терзийска – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Ана Георгиева – Съюз на физиците в България;
Иван Лалов – проф. дфн, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;
Евгения Вълчева – проф. дфн, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;
Джорджо Бенедек (*Giorgio Benedek*) – главен редактор на *EPL*;
Греъм Уот (*Graeme Watt*) – изпълнителен редактор на *EPL*;
Дирк ван Делфт (*Dirk van Delft*) – Leiden University
Мариана Кънева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Елена Назърова – доц. дфн, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Динко Динев – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена
енергетика, БАН;

Key Objectives

Improve the existing research potential of the Institute of Solid State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences.

Increase the impact of INERA teams' interactions in key technologies of nanosciences, with scientific and non-scientific representatives, within the European Research Area and the region.

Implement measures and activities to protect the Institute's Intellectual Property and Innovation Capacity.



Partners

Department of Chemical Engineering and Chemical Technology, Imperial College, UK

Department of Engineering Sciences, Uppsala University, Sweden

Institute of Physics at Polish Academy of Sciences, Poland

National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics, Romania

International Laboratory for High Magnetic Fields and Low Temperature Physics, Poland

Fachbereich Technik, Bielefeld University of Applied Sciences, Germany

The Liquid Crystal Laboratory at National Research Council and the University of Calabria, Italy

Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, The Netherlands

Work Groups

WG 1: Graphene and carbon nanotubes growth and implementation (Leader: Assoc. Prof. P. Rafailov)

WG 2: Magnetoelectric single crystals and magnetron-sputtered thin films structures and their implementation (Leader: Prof. M. Gospodinov)

WG 3: Smart window-electrochromic devices and electrochemical splitting of water (Leader: Prof. K. Gesheva)

WG 4: Nanomembrane and liquid crystal nanostructures: research and applications (Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov)

WG 5: Lasers and laser assisted annealing of nanostructures (Leader: Assoc. Prof. T. Petrov)

Work Packages

WP 1: Strengthening research infrastructure (Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov)

WP 2: ISSP-BAS research organisation and recruitment (Leader: Prof. N. Tonchev)

WP 3: Exchange of knowledge and mobility (Leader: Assoc. Prof. E. Dimova)

WP 4: Innovation capacity building (Leader: Assoc. Prof. M. Grozeva)

WP 5: Strengthening visibility - Integration of ISSP-BAS in ERA as a major player (Leader: Prof. K. Gesheva)

WP 6: Project dissemination (Leader: Prof. H. Chamati)

WP 7: Project management (Leader: Assoc. Prof. E. Vlahov)

WP 8: Evaluation of ISSP-BAS research strategy (Leader: Acad. A.G. Petrov)

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 1-2'2016 THE WORLD OF PHYSICS 1-2'2016

СЪДЪРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННО

НАУЧНИ ПРОЕКТИ

– П. Терзийска – Спектрална елипсометрия и нейните приложения. II. Моделиране и анализ на експерименталните данни

НАУЧНИ НОВИНИ

– А. Георгиева – Значими пробиви във физиката през 2015 г.

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– И. Лалов, Е. Вълчева – Международната година на светлината и светлинните технологии 2015. Подпрограмата „Оптиката и науката за светлината в годината на светлината“

ЕВРОПЕЙСКО ФИЗИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

– Д. Бенедек, Г. Уот – EPL за Международната година на светлината 2015

– Д. Делфт – Лабораторията Камерлинг Онес и Институтът Лоренц, Лайден, Нидерландия: „Най-студеното място на Земята“

ИСТОРИЯ

– Е. Назърова – 30 години от откриване на високотемпературната свръхпроводимост

– С. Александрова – Аристотел: енциклопедистът на древността

CONTENTS

EDITORIAL..... 1

SCIENTIFIC PROJECTS

– P. Terziyska – Spectroscopic ellipsometry and its applications. II Modeling and analysis of experimental data 3

SCIENCE NEWS

– A. Georgieva – Significant breakthroughs in physics of the 2015 11

SCIENCE AND SOCIETY

– I. Lalov, E. Valcheva – International Year of Light and Light-based Technologies 2015. Subprogram „Optics and science of light in year of light“ 19

EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY

– G. Benedek, G. Watt – EPL for the International Year of Light 2015 28

– D. Delft – Kamerling-Onnes Laboratory and Lorentz Institute, Leiden, The Netherlands: “The coldest place on Earth” 39

HISTORY

– E. Nazarova – 30 years after the discovery of high-temperature superconductivity 40

– S. Alexandrova – Aristotle: the encyclopedist of antiquity 52