

## ПОСТИЖЕНИЯТА НА ФИЗИЧЕСКИТЕ НАУКИ В БАН

Г. Камишева

### Увод

„Физиката в Българската академия на науките“ беше тема на конференцията, която събра ръководителите на 14 научни звена на 21 април 2005 година в Големия салон на Централно управление. В присъствието на колеги и гости те представиха историческото развитие, постиженията с национално и световно значение и приоритетите в развитието на изследванията в областта на физическите науки в Българската академия на науките. Конференцията беше организирана от Българската академия на науките под ръководството на заместник-председателя академик Никола Съботинов и научния секретар ст.н.с. I ст. дтн Иван Недков. В нея взеха участие академик Александър Г. Петров (директор на Института по физика на твърдото тяло), член-кореспондент Йордан Стаменов (директор на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика), член-кореспондент Цветана Маринова (от Института по обща и неорганична химия), ст.н.с. I ст. дфн Венцеслав Съйнов (директор на Централната лаборатория по оптичен запис и обработка на информацията), ст.н.с. I ст. дбн Андон Косев (директор на Института по биофизика), ст.н.с. I ст. дхн Христо Нанев (директор на Института по физико-химия), ст.н.с. д-р Радомир Еников (директор на Института по електроника), ст.н.с. д-р Румен Каканаков (директор на Централната лаборатория по приложна физика), ст.н.с. д-р Петко Витанов (директор на Централната лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници), ст.н.с. д-р Кирил Панов (директор на Института по астрономия), ст.н.с. д-р Цветан Дацев (директор на Централната лаборатория по слънчево-земни въздействия), ст.н.с. д-р Н. Стойчев (от Института по металознание), ст.н.с. д-р Николай Милошев (директор на Геофизичният институт) и ст.н.с. д-р Людмил Константинов (от Централната лаборатория по минералогия и кристалография).

Събитието премина под мотото на световната година на физиката. Настоящата (2005) година отбелязва столетие от излизането на знаменитите статии на Алберт Айнщайн, поставили началото на квантовата теория, теорията на Брауновото движение и теорията на относителността. По тази причина 1905 година е наречена чудотворна от ст.н.с. д-р Михаил Бушев [1]. Той води дискусията, с която завърши конференцията. В изказането си по време на дискусията академик Стойчо Панчев обрна внимание върху новите изисквания при провеждането на конкурсите за член-кореспонденти и академици. Академик А. Г. Петров посочи като пример за взаимодействието между ев-

## **Световна година на физиката**

ропейската и българската физическа наука публикацията на ст.н.с. д-р Михаил Бушев, която даде идея Организацията на обединените нации и ЮНЕСКО да обявят 2005 година за Световна година на физиката. Член-кореспондент Георги Младенов говори за практическото приложение на резултатите от физическите изследвания, а ст.н.с. д-р Л. Аврамов за взаимодействието между наука и индустрия.

Цел на настоящата работа е да направи кратък преглед в исторически и съвременен аспект на научно-приложните постижения в областта на физическите науки в Българската академия на науките, представени на конференцията „Физиката в Българската академия на науките“.

### **Исторически бележки**

Най-старата научна организация в България, наричана до 1911 година Книжовно дружество, е свързана с физическите науки от създаването си. Първата такава организация е реализирана през 1856 година в Цариград под името „Община на българската книжнина“. Тя започва да издава „Месяцословъ на българската книжнина“ и първото българско научно списание „Български книжици“. Негов основател и пръв редактор е физикът доктор по философия Димитър Мутев (1818-1864). С десетгодишната си дейност Цариградската община на българската книжнина е непосредствен предшественик на Българското книжовно дружество. През 1868 година в приемането на нов устав и отварянето на седалище на Българското книжовно дружество в Браила участва студентът от физико-математическия факултет на Новорусийския университет в Одеса Иван Гюзелев (1844-1916), който е автор на гимназиален учебник по физика, дописен (1875) и действителен член (1884) на БКД.

Основите на лабораторното уредостроене у нас са положени във Физическия институт на Висшето училище в София след Освобождението. В него професор Порфири Бахметьев (1860-1913) [2], дописен (1898) и действителен член (1900) на БКД, въвежда традицията за изработването на физически апарати [3]. Българското книжовно дружество е преименувано в Българска академия на науките през 1911 година и става център на научно-изследователската дейност в областта на физическите науки след 1945 година.

Създател на първия физически институт на Академията е Георги Наджаков (26.XII.1896-24.II.1981). Той е избран за академик на 14 януари 1945 година. Под негово ръководство в продължение на 26 години първоначално на тавана в Централно управление, а по-късно в комплекса на 8-ми километър е изграден Физически институт на БАН. Откритото през 1937 година от академик Георги Наджаков фотоелектретно състояние на веществото по-късно намира практически приложения в електрофотографията, в някои оптоелектронни елементи и прибори, в дозиметрията и при оптичен запис във фотопрефрактивни кристали и допринася за създаването на копирната техника.

## *Световна година на физиката*

Научно-приложните изследвания са нов етап в развитието на физическите науки у нас след Втората световна война. Във Физическия институт на БАН те се осъществяват чрез въвеждането на принципите плановост, отчетност и обвързаност с нуждите на обществото. По тази причина първоначално е създаден комплексен институт в областта на физическите науки в найширокия смисъл на думата. През периода от 1946 до 1953 година в него са обособени секции по обща физика; физикохимия; техническа физика; астрономия; геофизика и метеорология; и теоретична физика [4].

Комплексният физически институт на БАН стеснява тематиката си в края на 50-те години на XX век, след като от него излизат секциите физикохимия, астрономия, техническа физика и физика на атмосферата и геофизика. Секцията по физикохимия, в която работят трима бъдещи академици, се отделя в Институт по физикохимия (1958). Неин ръководител (1947-1957) е Ростислав Каишев (16.II.1908-19.XI.2002), член-кореспондент (1947), академик (1961), заместник-председател на БАН (1961-1968), секретар на отделението за химически науки (1961-1962) и пръв директор на Института по физикохимия (1958-1988). В секцията по физикохимия на Физическия институт Йордан Малиновски (3.VI.1923-12.III.1996), член-кореспондент (1979), академик (1989) и председател на БАН (1991-1996), започва работа по физика и химия на photoемулсите, нови безсребърни материали и механизма на фотографския процес. В областта на физикохимията академик Георги Мануилов Близнаков (14.XI.1920-15.IV.2004), член-кореспондент (1967), действителен член (1979) и заместник-председател на БАН (1975-1977; 1982-1988), работи върху кристалния растеж, адсорбцията на чужди примеси, епитаксията и физикохимията на адсорбенти и катализатори. От ФИ се отделя секцията по астрономия като самостоятелно звено към отделението за математически и физически науки на БАН (1958). Неин пръв директор (до 1978) е Никола Бонев (11.VII.1898-18.VI.1979), член-кореспондент (1948) и академик (1978). През 1957 година той основава Централната станция за наблюдение на изкуствените спътници при БАН. От 1995 година Самостоятелната секция по астрономия има статут на Институт по астрономия. Геофизичният институт е създаден на 29 януари 1960 година. Към него е прехвърлена от Физическия институт секцията по физика на атмосферата и геофизика, с ръководител (1947-1960) Любомир Кърстанов (15.XI.1908-8.V.1977), член-кореспондент (1947), академик (1961) и председател на БАН (1962-1968). През 1960 година към БАН са положени основите на Института по металознание и технология на металите [4] с директор академик Ангел Балевски (15.IV.1910-15.IX.1997), който патентова (1961) нов метод за леене с противоналягане. Секцията по техническа физика на ФИ е преименувана в секция по физическа и приложна електроника (1955-1963) и е прехвърлена към Института по електроника, създаден на 24 септември 1962 година. За него е построена самостоятелна

## **Световна година на физиката**

сграда (през 1968). Пръв директор (1963-1978) на Института по електроника е Емил Джаков (2.III.1908-15.IX.1978), член-кореспондент (1948) и академик (1967). Изследванията по биофизика започват в Централната лаборатория по биофизика през 1967 година [4].

Създаването на ядреното направление във Физическия институт на БАН започва през 1954 година с изследвания върху космичните лъчи [5]. По тази тематика на връх Мусала е построена станция (1962). През 1955 година към Физическия институт е утвърдена секция по радиоактивност и радиометрия. С правителствено решение (1955) ФИ на БАН е преименуван във ФИ с атомна научно експериментална база. За него през 1959 година са построени централната сграда в комплекса на 8-ми километър с експериментален ядрен реактор, който е пуснат в действие на 18 септември 1961 година. От 1968 година започва изграждането на атомната електроцентрала в Козлодуй с дейното участие на ръководния персонал на реактора.

След 1963 година във Физическия институт на БАН остават три тясно физически направления: 1) ядрена физика, физика на високите енергии и елементарните частици; 2) оптика и спектроскопия и 3) физика на кондензираното състояние на веществото. С правителствено решение (362/16.X.1972) Физическият институт е разделен на два института. Ядреното направление е отделено в самостоятелен Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика от 1 януари 1973 година. Академик Христо Янков Христов (12.VI.1915-20.III.1990), член-кореспондент (1952), академик (1961) и заместник-председател на БАН (1974-1976) е първият директор на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика.

Институтът по физика на твърдото тяло е приемник на неядрените направления от Физическия институт с АНЕБ. Пръв директор на Института по физика на твърдото тяло (1973-1991) е академик Милко Борисов (18.II.1921-05.XI.1998), член-кореспондент (1967), академик (1984), директор на Единния център по физика и създател на сектора по акустоелектроника и акустооптика (1977). В областта на акустоелектрониката под негово ръководство е създаден прецизен пилотен автоклав (1977), въведено е хидротермално израстване на пиезоелектричен кварц от българска суровина (1982) и е патентован термочувствителен кварцов срез с линейна температурно-честотна характеристика (1987).

Полупроводниковата промишленост в България дължи развитието си през 50-те години на XX век на професор Йордан Касабов (16.VIII.1928-13.IV.1992), член-кореспондент (1974), заместник директор на Единния център по физика (1.VIII.1982-1.I.1988), ръководител на сектор физически проблеми на микроелектрониката (1.I.1979-9.XI.1989) и на лаборатория по микроелектроника (9.XI.1989-13.IV.1992). Йордан Касабов работи върху получаване на чист силиций и изтегляне на монокристали от него (1959-1967). Под

## *Световна година на физиката*

негово ръководство е създадена апаратура за безтигелно зонно топене на силиций, получени са бездислокационни силициеви ускери от газова фаза и е разработена технология за бързо израстване на дебели слоеве от силициев окис и вакуумен метод за дифузия на фосфор в силиций. През 1967 година Йордан Касабов поставя началото на интегралната електроника в България. Под негово ръководство е разработена технология за създаване на високоефективни слънчеви батерии и технологична документация на цех за МОС (метал-окис-силиций) интегрални схеми. Проектът е реализиран в завода за полупроводници в Ботевград. Разработена е технология за производство на МОС транзистори, микrorезистори и МОС интегрални схеми с микrorезистори за нуждите на електронните калкулатори. Серийното им производство е внедрено в завода в Ботевград. Във Физическия институт на БАН член-кореспондент Йордан Касабов основава секция силиций (1965-1966). На тази база е създаден Централен институт по елементи при държавното стопанско обединение „Изот“ с директор Йордан Касабов (15.III.1967-1.XII.1973).

През 1973 отделенията на БАН са преобразувани в единни центрове. Създаден е Единен център за наука и подготовка на кадри по физика и физико-технически проблеми, който е преименуван в Единен център по физика (1977). Към него са открити пет нови звена, три от които съществуват до днес. Централната лаборатория по оптичен запис и обработка на информация отваря врати на 1 март 1975 година. През 1977 година от Института по физика на твърдото тяло се отделя Централната лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници. Централната лаборатория по приложна физика е създадена на 1 април 1979 година в Пловдив. От 1 януари 1984 година към нея е организирано опитно производство, наречено от октомври 1986 година Малко предприятие за сензори и сензорни устройства. С решение на Министерския съвет (247 от 30 декември 1985) Лабораторията по приложна физика става Институт по приложна физика (1 януари 1986). Той е обединен с Малкото предприятие (1989) и преобразуван в Централна лаборатория по приложна физика (1995). Развитието на физическите науки в БАН продължава и след възстановяването на отделението за физико-математически и технически науки от 1 януари 1989 година. Най-младото звено, представено на конференцията, бе Централната лаборатория по слънчево-земни въздействия, създадена през 1990 година. Тя носи името на своя създател академик Димитър Мишев (28.V.1933-13.II.2003), член-кореспондент (1981), академик (1984), ръководител на секцията по телевизионни системи в Научноизследователския институт по съобщенията (1967-1973) и на направлението по дистанционни изследвания на Земята от Космоса в Института за космически изследвания при БАН (1974). Академик Димитър Мишев работи в областта на системите и апаратите за дистанционни изследвания на Земята от Космоса и обработката на многоканални данни и изображения.

### **Научно-експериментална база**

Материалната база на Българската академия на науките дава възможност за извършване на широк спектър от изследвания в областта на физическите науки. През октомври 2004 година са спечелени проекти с Европейския съюз за изграждането на Центрове за образцови научни изследвания (Centres of Excellence) от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика, Централната лаборатория по приложна физика в Пловдив, Института по обща и неорганична химия и Института по физикохимия [6]. Институтът за ядрени изследвания и ядрена енергетика [7] разполага с реконструирана и модернизирана ядрена научно-експериментална база с изследователски реактор; компютърна ферма (кълстър), постоянно хранилище заadioактивни отпадъци „Нови Хан“ и базова екологична обсерватория „Мусала“. В Института по физика на твърдото тяло [8] е изградена установка за израстване на метал-окисни кристали; система за молекулярно-лъчева епитаксия; измерителна глава на сканиращ тунелен микроскоп; апаратура за изследване на тънки филми при свръхниска температура; Leybold Heraus вакуумна система за нанасяне на тънки слоеве; прецизен спектрален елипсометър; прецизен раманов спектрометър; оборудване за изследване на оптическа бистабилност; оборудване за определяне повърхностните взаимодействия на течни кристали; оборудване за измерване на механичните свойства на гигантски везикуларни мембрани. В Института по електроника [9] са създадени за пръв път у нас лазери (1964), лазерни локатори, термоелектронни преобразуватели с висок КПД, плазмotron за технологични (включително и наноразмерни материали), свръхвисоковакуумна помпа и свръхвисоковакуумна инсталация за вакуумни технологии, електронен и ионен проектор за изследване на повърхности, микроканална пластинка и електроннооптически преобразувател, експериментална технология за производство на стъклени кварцови влакна за влакнестооптични системи, системи за аналогово и цифрово предаване на информация по оптични влакна, резонансни массспектрометри за газов анализ, подвижна и стационарна лаборатории за дистанционно СВЧ изследване, инсталации за електроннолъчево заваряване, топене и изпарение, комплексна автоматизирана система за електроннолъчева литография (за нанотехнологии). В Централната лаборатория по приложна физика в Пловдив [10] е оборудвана „чиста стая“ ( $350\text{ m}^2$  и базов клас на чистота 10 000) с високовакуумна установка „Rokappa“, установка за фотолитография „Karl Suss“ и Ball Bonder за корпусиране на полупроводникови прибори (с клас на чистота 1 000). В Централната лаборатория по оптичен запис и обработка на информация [11] са създадени: уред за точно измерване на запрашеност и задименост, инфрачервен сензор за охранителни системи, лазерен сензор за измерване замърсяването на водата, многоканален лазерен диференциален микрорефрактометър за екологични анализи, интерферометричен уред за неразрушаващ контрол на рискови обекти, спектрофотополяриметър, лазерни и холографски системи за кодиране и защита на обек-

ти. Към Института по астрономия [12] има две обсерватории в Белоградчик и НАО Рожен. Националната астрономическа обсерватория на връх Рожен е оборудвана с двуметров телескоп: Ritchey-Chretien-Coude; FoReRo; Coude Spectrograph; CCD камера; Schmidt телескоп и Cassegrain телескоп. През 1983 г. в Института по обща и неорганична химия [13] е закупен електронен спектрометър Escalab II, който поддържа вакуум  $10^{-10}$ - $10^{-11}$  torr. В Централната лаборатория по минералология и кристалография [14] се прилагат прахов и монокристален рентгеноструктурен анализ; раманова и инфрачервена спектроскопия; UV-VIS спектроскопия; рентгеново-емисионна спектроскопия; сканираща и трансмисионна електронна микроскопия и термичен анализ. Геофизичния институт [15] разполага с йоносферна обсерватория, геомагнитна служба и сейзмологична мрежа, която включва 21 станции в цялата страна. В резултат на модернизация са пуснати три цифрови станции за пренос на данни в реално време към Сейзмичния център.

### **Научни и научно-приложни резултати**

В областта на ядрената физика са изследвани атмосферните отлагания на тежки метали и радиоактивността на околната среда. В резултат на провежданятия постоянно мониторинг през последните 40 години е събрана банка образци и база данни. Разработват се нови ядрени енергийни системи, извършва се оценка на неutronното влияние и степента на окрехкостяване на реакторните корпуси, прилагат се неutronни методи за структурни изследвания на материалите, проучват се нови материали за реактостроенето и се провежда неutronната терапия. Обучават се специалисти за българската ядрена енергетика [7].

В областта на физиката на твърдото тяло има световно значими постижения. Българският електронен калкулатор ЕЛКА с МОС-интегрални схеми е един от първите в света, показани на Световното изложение в Осака, Япония през 1970 година. По метода на Евгени Леяровски се получават неон и хелий от въздуха (от 1971). Открит е силен ефект на водорода в лазери с метални пари (1975). В резултат на това са създадени мощни CuBr лазерни системи за прецизна обработка на материали в индустрията (произвеждани от Пулслайт), ултравиолетов меден йонен лазер с над два пъти увеличена средна изходна мощност и едновременна генерация на пет Cu+ линии (2004). Открит е градиентен флексоелектричен ефект в нематични течни кристали (1974). Създадени са силициева пластинка с МОС интегрални схеми, пиезоелектрични температурни сензори (2004) и магниторезистивни мостови и линейни елементи (2004). Разработена е тестова система за прецизен контрол с двойка Хелмхолцови бобини с хомогенност на магнитното поле в работния обем 0,5%, реализирана в индустриална фирма ФЕСТО. По договор с Европейския съюз е създадена многоканална система за измерване и контрол на базата на резонансни пиезоелектрични сензори [8].

## **Световна година на физиката**

В областта на електрониката е създаден нов магнитометър за слаби изменения на магнитни полета, който намира приложение в сейзмологията, археологията, метрологията и медицината. Също по международен проект са създадениnanoструктурни оптични сензори - НАНОФОС. В рамките на програмата на НАТО „Наука за мир“ са разработени високотемпературни свръхпроводящи сензори на радиация и микровълнови елементи. Създадени са апаратура за микровълново дистанционно измерване влажността на почвата; лазерни установки за мониторинг на атмосферни замърсявания, предназначени за изследване на аерозоли в планетарния граничен слой; малкошумящи свръхвисокочестотни транзисторни усилватели. Медицинско приложение имат лазерните прибори за акупунктура, които работят в червения и инфрачервения диапазон; гама лазерни терапевтични апарати с общо название „МЕДИРЕЙ“, внедрени в Александровска болница и Националния онкологичен център; и оригиналните методи и апарати за оптична биопсия на човешки тъкани, клинично прилагани за ранна диагностика в Медицинския център „Св. Тома“ в София [9].

В Пловдив е организирано производството на малки серии сини светодиоди на квантови ями, които намират приложение като източници на синя светлина в цветни дисплеи, светофари и в бита. Произведени са термоелектрически хладилно-отоплителни агрегати с Пелти модули, използвани за създаването на изотермичен контейнер за съхранение и транспортиране на кръв в полеви условия. Произведени са двойни металокерамични корпуси (push-pull) за високочестотни SiC полеви транзистори, работещи до 350°C [10].

Разработени са серия от слънчеви фотоелектрични модули с различна мощност и опитни образци, които са в експлоатация при реални условия от 8 години. Построени са над 10 фотоелектрични системи за автономно електрическо захранване. Изградена е 10 kW фотоелектрична система, която е включена в електрическата мрежа за ниско напрежение. Построен е реактор за отлагане на слоеве от CdTe чрез сублимация. Формирани са тънки слоеве от аморфен a-Si:H, a-SiC:H, a-SiGe:H чрез магнетронно разпращване. Внедрени са тънки слоеве от смесени оксиди от типа  $(Al_2O_3)_x(TiO_2)_{1-x}$ , като ефективно пасивиращо покритие за фотоелементи върху тънки силициеви пластини. Получени са слънцезащитни и селективни покрития на базата на золгел технология. Разработено е отлагането върху стъкло на слоеве от метални оксиди като  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$  за селективни, фотокаталитични и антирефлексивни покрития. Реализирани са експериментални електрохромни прибори със слоеве от  $WO_3$  и  $MgO_2$ . Получини са фулеренови структури с цел акумулиране и съхранение на водород [16].

По шеста рамкова програма се разработват пилотно производство на панхроматични светочувствителни материали за запис на висококачествени отражателни холограми в късовълновата част на спектъра и три размерна телевизия. Изработени са устройства за запис и копиране на отражателни холо-

## Световна година на физиката

лограми с диоден лазер. Създадена е козметична лазерна система за третиране на родилни петна и хемангиоми. Организирана е постоянна холографска изложба, достъпна за посетители [11].

Създаден е най-големият каталог от свръхкупове, който съдържа около 900 едромащабни структури и техните кинематични и динамични характеристики [17]. На адрес: [www.skyarchive.org](http://www.skyarchive.org) е изградена база данни за широкоятърни фотографични наблюдения ( $>1^\circ$ ), която съдържа 640 000 плаки от 117 обсерватории в света [12].

За изучаването на Земята от космоса е завършен технологичен екземпляр на прибор (сонда на Ленгмюр), решен на изключително високо съвременно ниво с предвидена възможност за препограмиране от Земята. По съвместен проект е разработена експериментална система за идентификация с намаляване влиянието на топлинните шумове около изследваните обекти [6].

Моделирани са за първи път човешки миелинови влакна в норма и патология чрез двойно-кабелен и мултиламеларен модели. Моделните резултати за човешките миелинови влакна са съпоставими с клинично получените за здрави хора и пациенти със заболявания, дължащи се на демиелинизиращи процеси [18].

Патентован и внедрен в СМК „Кремиковци“ е масспектрометричен метод за напрекъснат контрол на съдържанието на въглерода при конвертиране на стоманата. Създаден е тънкослоен трипътен катализатор за редукция на вредни емисии от автомобили. Оптимизирани са Омови и Шотки контакти за високо-температурна микроелектроника, внедрени (1999) в Thomson-CSF, Франция. Разработени са технологии за израстване на монокристали за лазери с тясна и широка ивица на излъчване. По съвместен проект е направен опит за внедряване в „ТЕРЕМ“ Търговище на технология за електрохимично отлагане на оксидни каталитични филми [13].

Електрохимично са изследвани съвместно с американски учени сплавни покрития от хром и цинк с висока корозионна устойчивост. Съвместно с белгийски учени са отложени химично кристални и аморфни покрития от кобалт-волфрам-фосфорна сплав, приложими в електрониката. Получени са тънки многослойни филми от два противоположно заредени полиелектролита върху несферична наночастица, приложими като микрокапсули за пренос на лекарства. За пръв път от алкални електролити безтоково са отложени никел-фосфорни и медни композитни покрития върху пласмаси, приложими в микротехниката [6].

В областта на геофизиката се извършва научно-оперативен контрол (мониторинг) на сейзмичността, геомагнитното поле и състоянието на ионосферата над страната. Създадена е национална база данни за емисиите на вредни вещества в атмосферния въздух със съответния софтуер за актуализиране [15]. Съвместно с белгийски учени е разработен модел за прогнозиране на геомагнитния индекс, внедрен в Кралската обсерватория в Белгия [6].

## **Световна година на физиката**

В областта на минералогията и кристалографията е изработен пренастройваем акусто-оптичен филтър от телуров двуокис. Технологията по израстване на калциево-стронциеви флуоридни кристали, приложими в микролитографията, контролира нарастване на зародишните зърна. По този метод са създадени бездефектни филми с дебелина  $d \sim 130$  nm [14].

### **Използвана литература**

- [1] M. Бушев, A note on Einstein's Annus Mirabilis, Annales de la Fondation Louis de Broglie, vol. 25 (2000) N 3-4, p 379-392.
- [2] А. Г. Петров, П. И. Бахметьев и физиката на живата материя, Развитие и разпространение на физическите знания в България, научен симпозиум, Пловдив, 10 май 2005 г., с. 6-7.
- [3] П. Лазарова, Професор Порфирий Бахметьев през погледа на съвременници-те си, Развитие и разпространение на физическите знания в България, научен симпо-зиум, Пл., 10.05.2005, с. 30-37.
- [4] М. Борисов, Развитие на физическите институти и звена в БАН, ръкопис.
- [5] Н. Балабанов, Физиката на Леон Митрани – от космоса до человека, Развитие и разпространение на физическите знания в България, научен симпозиум, Пловдив, 10 май 2005 г., с. 45-53.
- [6] Българска академия на науките годишен отчет 2004, София, 2005.
- [7] Й. Стаменов, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [8] А. Г. Петров, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджаков“, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [9] Р. Еников, Представяне на Института по електроника, доклад на конференци-ята „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [10] Р. Каканаков, Разработки, изследвания и индустритално приложение на по-пупроводниковите материали, технологии и прибори в ЦЛ по приложна физика – Пловдив, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [11] В. Съйнов, Централна лаборатория по оптичен запис и обработка на инфор-мацията, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [12] К. Панов, Институт по астрономия, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [13] Ц. Маринова, Физикохимията на твърдотелни повърхнини и интерфейси, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [14] Л. Константинов, Физически изследвания в Централната лаборатория по минералогия и кристалография, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [15] Н. Милошев, Представяне на физическите изследвания в Геофизичния институт, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005.
- [16] П. Витанов, Представяне на Централната лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005 г.
- [17] M. Kalinkov & Kuneva (1995) A&A, 113, 451.
- [18] А. Косев, Институт по биофизика, доклад на конференцията „Физиката в БАН“, 21 април 2005.