



СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

4'23

Нобеловата награда по
физика за 2023 г.

WORLD OF PHYSICS

Знаят ли извънземните за нас

Национален форум за съвременни
космически изследвания



С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XLVI, кн. 4, 2023 г.

Издание на Съюза на физиците в България

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

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Сашка Александрова

ЗАМЕСТНИК-ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Ана Георгиева, Мариана Кънева

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

Иван Лалов, Евгени Попов,
Питър Таунсенд, Радостина
Камбурова, Борислав Павлов,
Светлен Тончев, Желязка
Райкова, Игор Масляницин,
Михай Анастасеску, Херман
Лиенхарт, Роман Пономарьов,
Лилия Атанасова

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

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

ВОДЕЩ БРОЯ:

Сашка Александрова

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva, Mariana Kuneva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

Ivan Lalov, Evgeni Popov,
Peter Townsend, Radostina
Kamburova, Borislav Pavlov,
Svetlen Tonchev, Zhelyazka
Raykova, Igor Maslyanitsin,
Mihai Anastasescu, Hermann
Lienhart, Roman Ponomarev,
Liliya Atanasova

EDITORIAL COUNCIL

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

VOLUME EDITOR:

Sashka Alexandrova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 8161 684

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861-4210

РЕДАКЦИОННО

Историята на завещанието на Нобел е добре известна – със значителна част от имуществото си той основава „награди за онези, които са допринесли най-голяма полза на човечеството“. Да припомним и факта, че в списъка от петте изброени области на първо място стои наградата „за най-важното откритие или изобретение в областта на физиката“.

На Нобеловата награда по физика за 2023 г. е посветена статията на чл.-кор. А. Драйшу. Наградата е присъдена за експериментални методи за генериране на изключително кратки светлинни импулси – атосекундни лазерни импулси. Така Лауреатите за първи път успяват да проникнат в нови времеви измерения в диапазона на атосекундите и създават нови възможности за изследване на динамиката на електроните в материята. Пътят до атосекундните импулси на светлината е дълъг - изследванията се разпростират от средата на миналия век до наши дни, и е белязан с множество Нобелови награди. Нека да отбележим и че наш колега е автор на работа, цитирана във всички важни експериментални работи по генерация на единични атосекундни импулси, включително в тези на Нобеловия лауреат Ференц Краус.

Само преди 100 години – през 1923 г., Нобеловата награда по физика получава американският физик Робърт Миликан „за работата му върху елементарния електричен заряд и фотоелектричния ефект“. Като казваме „само“, за някои читатели може да изглежда дълъг период от време, но нека да видим нейното значение и място в развитието на физиката. През 1910 г. Робърт Миликан успява точно да определи големината на заряда на електрона. Това е прословутият опит с движението на заредени маслени капки в електрично поле. Днес този метод присъства като „експериментът на Миликан“ във всеки учебник по физика и се счита за един от ключовите физични експерименти за развитието на физиката през XX век. Получената стойност съответства на най-малкия съществуващ заряд, който не може да бъде допълнително разделен. Оказва се, че зарядът е квантуван. Дотогава изобщо не е ясно дали съществува най-малък елементарен заряд, а днес говорим за невероятно кратки лазерни импулси, с които да изследваме динамиката на електроните в реално време!

В настоящия брой отдаваме почит на първия главен редактор на „Светът на физиката“ проф. Никола Балабанов, необикновена личност, символ на развитието на университетската физика като наука и образование в Пловдивския университет, един от стълбовете в развитието на ядрената физика в България и на сътрудничеството с ОИЯИ – Дубна, радетел на разпространението на физичните знания, активен член на Съюза на физиците.

Въпросът за интелигентен живот извън земята вълнува човечеството още

от древни времена. Може ли да се осъществи експеримент, който да дава еднозначен отговор на този въпрос? Карл Сегйън предлага такъв експеримент, осъществен с помощта на космическия кораб „Галилео“. Какви са резултатите?

Необикновени уроци по физика предлага Националният политехнически музей. Интерес за любознателни посетители от всички възрасти представлява демонстрационният кабинет по физика, чиято сбирка е твърде богата. Много интересни са изложените прекрасно запазени красиви уреди по физика, информация за които намираме още в старите, чудесно написани и илюстрирани учебници по физика.

Кауза на „Светът на физиката“ е разпространяването на физичните знания сред най-широка аудитория. В настоящия брой представяме дейността на колегите от клон „Космос“ към Съюза на физиците в България. За мотивиране на учениците и насочване към кариери в областта на природните науки и техните приложения дава принос IX-ия Национален фестивал „Наука на сцената“. Интересни са размислите в представените есета на учениците от Националния конкурс за есе за 2023 г., надяваме се те да бъдат наши колеги в бъдеще или поне да запазят интереса и уважението си към науката. Разказваме и за колеги, успяващи да увличат и подпомагат младото поколение. Надяваме се и „Светът на физиката“ да допринесе в това отношение. Защото „*Науката се прави от хора*“ (Вернер Хайзенберг).

Сашка Александрова

главен редактор на „Светът на физиката“

52-РА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

на тема:

„Образованието по физика и дигиталните технологии“

13 – 16 юни 2024 г., Сливен

Повече информация на

<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/52NK.html>

НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ПО ФИЗИКА ЗА 2023-ТА ГОДИНА И ПРИНОСЪТ НА БЪЛГАРСКИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛ КЪМ НЕЯ

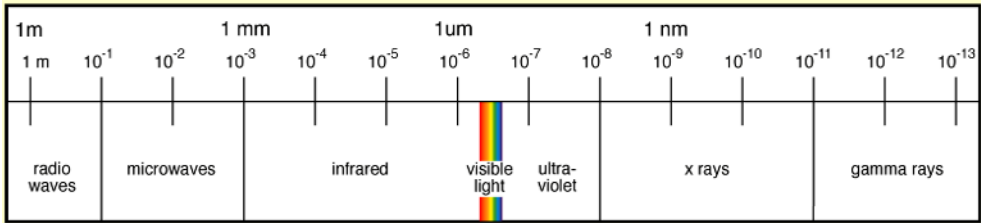
Александър Драйшу

В началото бих искал да припомня на заинтересованите читатели колко забележителна личност е бил Алфред Нобел (1833 г. – 1896 г.). Химик, инженер, изобретател с над 355 патента, полиглот, индустриалец, поет ..., вероятно не е пресилено, че го определят като един от последните енциклопедисти. От 1884 г. Нобел е член на Шведската кралска академия на науките. През 1895г. той основава награди за химия, физика, медицина и литература. В момента Шведската кралска академия на науките присъжда Нобелови награди също и за мир, и за икономика. Признание за научния му и обществен авторитет е и това, че през 1956г. в Обединения институт по ядрени изследвания (Дубна) е синтезиран елемент с атомен № 102, наречен Нобелиум.

Нобеловата награда за физика за 2023 г. е присъдена на Пиер Агостини (*Pierre Agostini*), Ференц Краус (*Ferenc Krausz*) и Ан Л'Юлие (*Anne L'Huillier*) „за експериментални методи, с които се генерират атосекундни светлинни импулси за изследване на динамиката на електроните в материята“. През 1987 г. Ан Л'Юлие открива, че при преминаването на интензивни свръхкъси лазерни импулси през инертен газ се появяват високи нечетни n -ти хармонични на лазерната светлина – импулси с дължини на вълните, n -пъти по-къси от дължината на вълната на възбуждащото лъчение. През 2001 г. Пиер Агостини успява да генерира и да изследва поредици от светлинни импулси, всеки с продължителност от само 250 атосекунди. В друг експеримент Ференц Краус успява да изолира единичен светлинен импулс с продължителност от само 650 атосекунди. Ева Олсон, Председател на Нобеловия комитет по физика заявява: „Вече можем да отворим вратата към света на електроните. Атосекундната физика ни дава възможност да разберем механизмите, които се управляват от електрони. Следващата стъпка ще бъде тяхното използване“. Тези постижения разкриват пътя към потенциални приложения в много различни области, простиращи се от електрониката до медицинската диагностика.

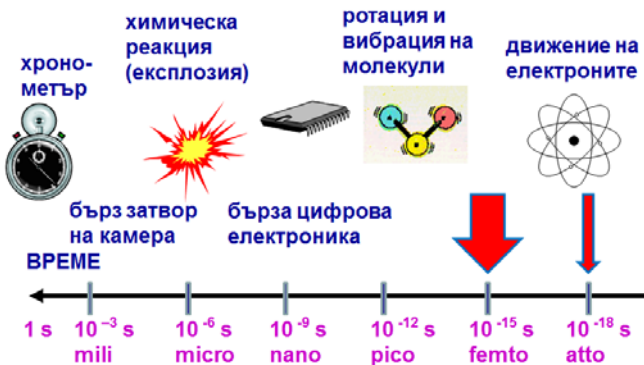
Да започнем с донякъде неясния термин „атосекундни светлинни импулси“. Видимата светлина представлява променливо електромагнитно поле с дължина на вълната в интервала от 400 nm до 760 nm (с известна условност, поради различната индивидуална чувствителност на ретината и интензитета на лъчението). Високите нечетни n -ти хармонични се генерират с лазери, излъчващи ултракъси импулси в близката инфрачервена част на спектъра. Тъй като в

този процес енергията на фотоните се повишава n пъти, генерираните високи хармонични попадат в екстремната ултравиолетова част на спектъра (XUV), на границата с мекия рентгенов диапазон (*soft X-rays*). В този смисъл е добре да не ограничаваме разбирането си на термина „светлина“ само до видимата част на електромагнитния спектър.



Фигура 1. Спектър на електромагнитните вълни (адаптиран от [1])

Колко къси са атосекундните импулси? По-общият въпрос е какво всъщност означава „бърз процес“ в лазерната физика и техника. На Фигура 2 са сравнени характерните времена, в рамките на които протичат някои процеси, и при които работят някои устройства. Масивната стрелка обозначава приблизително фемтосекундния диапазон. Вижда се, че една елементарна операция на бърза цифрова електроника (компютърен процесор) изисква време, което е на повече от 4 порядъка ($10\,000$ пъти) по-дълго от продължителността на фемтосекундните импулси, с които се инициира генерирането на още по-късите атосекундни импулси. Пишейки тези редове, се опасявам, че все още читателят не добива интуитивна представа колко къси са тези импулси. $10\text{ fs} = 0,000\,000\,000\,000\,010\text{ s}$. Относително интуитивно сравнение показва, че 10 fs се отнасят към една минута както една минута към възрастта на Вселената ($\sim 13,73 \pm 0,12$ милиарда години).



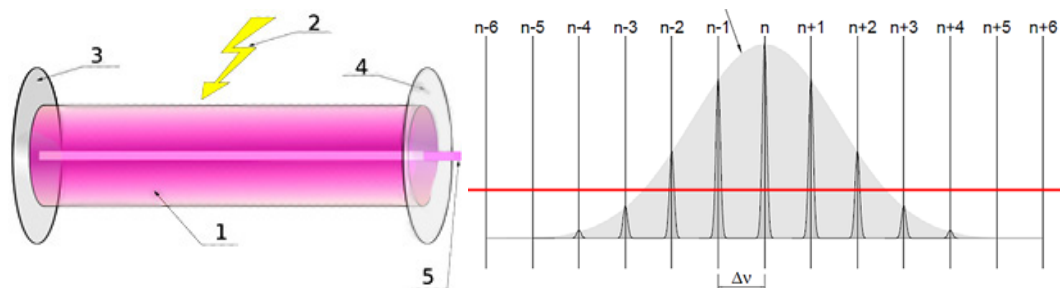
Фигура 2. Сравнение между характерните времена, в рамките на които протичат различни процеси

Свърхкъси (фемтосекундни) импулси се генерират от лазери, работещи в режим на синхронизацията на модовете. Нека първо да си припомним принципа на работата на един лазер. Основните процеси са само три: поглъщане, спонтанно излъчване и стимулирано излъчване. Картината, която ще се опитам да опиша, е пределно опростена, но, надявам се, подходяща за целта тук. Когато една частица в нискоенергетично състояние погълне фотон с подходяща енергия, тя преминава в по-високоенергетично състояние. В това възбудено състояние, при отсъствие на други въздействия, тя остава характерно за нея време, наричано спонтанно време на живот, след което излъчва фотон и преминава в по-нискоенергетично състояние. При това спонтанно излъчване фотоните са със случайна фаза и направление. Важният процес за работата на лазерите е стимулираното излъчване. Ако същата частица, в същото възбудено състояние, усети въздействието на фотон с подходяща енергия, тя може да бъде принудена да премине в по-нискоенергетично състояние. Този втори стимулирано излъчен фотон е напълно идентичен с въздействалия ѝ фотон. Важността именно на този процес е отразена в абревиатурата LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*; свободен превод – усилване на светлината чрез стимулирано излъчване). Въпреки че споменатите три основни процеса са били известни около 1916 година, трябва да изминат близо 45 години, докато Тиодор Майман конструира и пусне в действие първия рубинов лазер (16 май 1960 г.).

Доколкото този материал е посветен на Нобелови лауреати (с акцент към фотониката и лазерната физика), струва ми се подходящо да погледнем накратко назад в историята. През 1951г. Чарлз Таунс от Колумбийския университет в Ню Йорк формулира идеята за първия мазер (*MASER: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Три години по-късно, през 1954 г., е пуснат в действие амонячен мазер, генерирал на дължина на вълната $\lambda \sim 1$ cm изходна мощност $P \sim 10$ nW. През 1955г. Н. Басов и А. Прохоров от Физическия институт „Лебедев“ в Москва опитват да конструират лазерен осцилатор. През 1957г. Гордън Гулд от Колумбийския университет за първи път употребява абревиатурата „ЛАЗЕР“. През 1960 г. Таунс и Шаулоу от Лабораториите „Бел“ получават патент (*US patent Nr. 2,929,922*) за оптичен мазер, наричан лазер. Нобеловата награда за физика за 1964 г. е разделена, като едната половина е присъдена на Чарлз Таунс, а другата – съвместно на Николай Басов и Александър Прохоров „за фундаментални работи в областта на квантовата електроника, довели до конструирането на осцилатори и усилватели, базирани на принципа мазер-лазер“ [2].

Генерирането на лазерно лъчение е невъзможно без поставянето в резонатор на активна среда, в която протичат трите основни процеса – поглъщане,

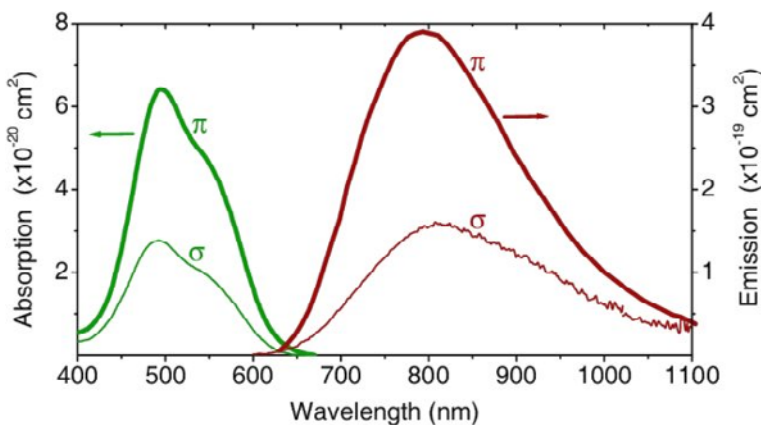
спонтанно излъчване и стимулирано излъчване. Основните компоненти на един лазерен резонатор са показани в лявата част на Фигура 3. Възбуждащият източник осигурява необходимите условия стимулираното излъчване да доминира над спонтанното, за което в решителна степен съдейства лазерният резонатор. Обикновено, само едно от неговите огледала е с понижен коефициент на отражение, за да може част от лазерното лъчение да се изведе за ползване от потребителя като „полезни загуби“. На интуитивно ниво, необходимите условия за получаване на лазерна генерация са представени в дясната част на Фигура 3. След като част от лъчението напуска резонатора, усилването на активната среда (вижте фоновия Гаусов профил на Фигура 3) трябва да превишава (за кратък интервал от време или постоянно) нивото на загубите, маркирани с червена непрекъсната линия. Но резонаторът е именно резонатор: той (ако е от т.нар. устойчив тип: напр. плоскопаралелен, конфокален, полуконфокален и др.) поддържа при минимални загуби надлъжните стоящи вълни. Това означава, че по дължината му се „поместват“ цяло (голямо) число пъти полудължини на вълните (виж напр. [3]). Именно такива 9 честоти, показани на дясната Фигура 3, попадат в контура на усилване на активната среда. Само 5 от тях ще изпитат усилване, превишаващо загубите, и само тези 5 честоти би могло да се очаква да присъстват в спектъра на лазерната генерация. Лесно може да се покаже, че честотното разстояние между две такива спектрални компоненти е $\Delta\nu = c/(2nL)$, където c е скоростта на светлината във вакуум, n е показателят на пречупване на средата между огледалата, а L е дължината на резонатора.



Фигура 3. Ляво: Принципна схема на лазерен резонатор, адаптирана от [4]. 1 – активна среда, 2 - възбуждащ източник, 3 – високоотразяващо огледало на резонатора, 4 – частично пропускливо (изходно) огледало на резонатора, 5 – лазерен сноп. Дясно: Синтезирана схема, поясняваща необходимите условия за получаване на лазерна генерация, адаптирана от [5]

Пренебрегвайки несправедливо багрилните лазери, пробив в съвременната технология за генериране на фемтосекундни импулси е постигнат през 1982 г. Питър Мултън (*MIT's Lincoln Laboratory, САЩ*) разработва лазер с активен

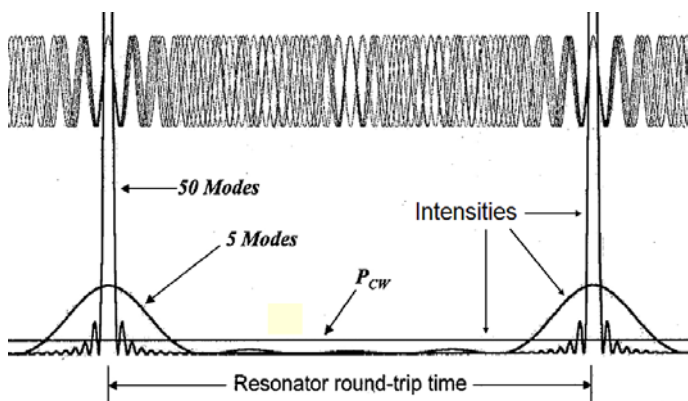
елемент сапфирен кристал, легиран с йони на титан ($Ti:Al_2O_3$; титан-сапфиров лазер). Забележителна за тази активна среда (виж Фигура 4) е голямата ширина на спектралната ивица на лазерния преход (670 nm до 1070 nm) и възможността за оптично възбуждане на активната среда (от 400 nm до 600 nm) с разработени вече по това време мощни непрекъснати лазери (напр. с аргонов лазер или с неодимов лазер, излъчващ на удвоената основна честота).



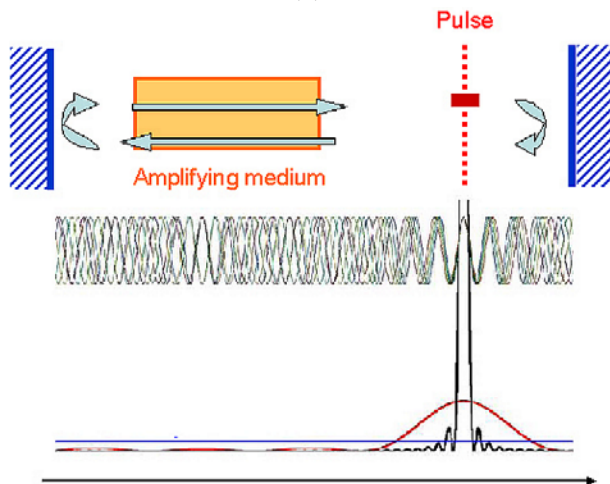
Фигура 4. Сечения за поглъщане и за излъчване на титан-сапфиров кристал. Забележете коефициента 5, с който се различават скалите за поглъщането и за излъчването [6]

На пръв поглед активната среда $Ti:Al_2O_3$ е перфектна за създаване на (тесноивичен) непрекъснат лазер, пренастройваем в широк спектрален интервал. Вярно, но не само... Нека, без претенция за математична прецизност, да си припомним Теоремата за подобие при Фурие-трансформацията: „Широки“ функции във времевата област съответстват на „тесни“ функции в честотната област. Пренесено към Фурие-трансформационно-ограничените свръхкъси лазерни импулси, при които продължителността им Δt е ограничена от ширината на спектъра им $\Delta\omega$, в сила е изискването $\Delta t\Delta\omega \sim 1$ ($\approx 0,44$ за Гаусов импулс, $\approx 0,315$ за $sech^2$ импулс; Δt и $\Delta\omega$ измервани като пълна ширина на полувисочина на импулса във времето и на спектралната линия; [https://www.rp-photonics.com/transform_limit.html]). Следователно за генерирането на свръхкъси (фемтосекундни) импулси са необходими активни среди, позволяващи лазерна генерация в широки спектрални интервали. Нека да бъдем малко по-конкретни. Да пресметнем колко различни честотни компоненти (надлъжни модове) би генерирал титан-сапфиров лазер с ширина на контура на усилване 100 nm и с централна дължина на вълната 800 nm, ако резонаторът му е дълъг 1,5 метра? На така предположената минимална дължина на вълната 750 nm съответства максимална честота на спектъра приблизително 4.10^{14} Hz, а на предположената

максимална дължина на вълната 850 nm съответства минимална честота на спектъра приблизително $3,5 \cdot 10^{14}$ Hz. Примерът показва, че съответната ширина на спектъра е $\varphi = 5 \cdot 10^{13}$ Hz. Както споменахме във връзка с надлъжните модове на резонатора и Фигура 3, честотното разстояние между два надлъжни мода е $\Delta\nu = c/(2nL)$, където c е скоростта на светлината във вакуум, $n \approx 1$ е показателят на пречупване на въздушната среда между огледалата, а L е дължината на резонатора. Така броят на честотните компоненти, които титан-сапфировият кристал може да усилва, е $N = \varphi/\Delta\nu = 500\,000$. Половин милион честотни компоненти! Съвсем близо сме до разкриването на механизма на генериране на свръхкъси импулси.



(a)



(b)

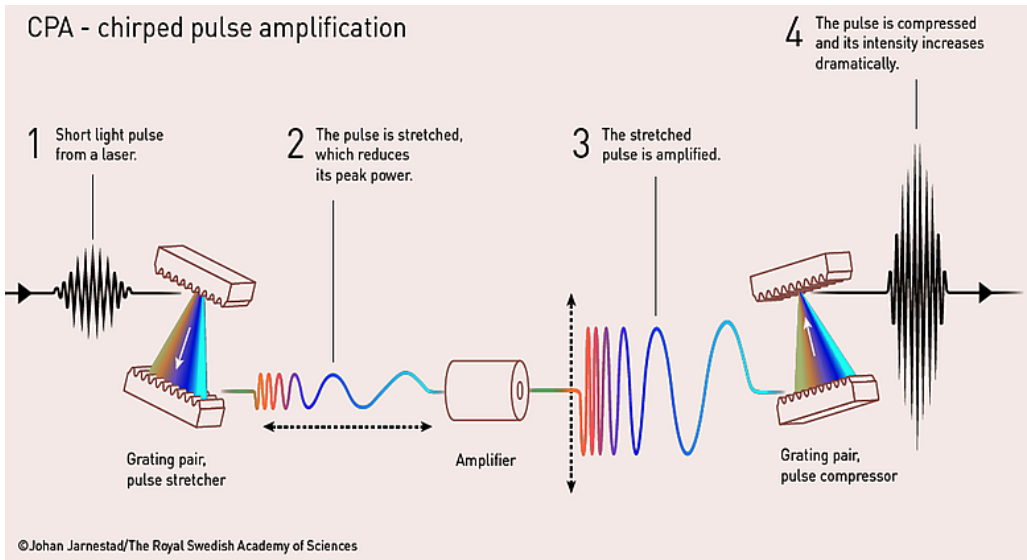
Фигура 5.

(a): Биене между няколко вълни. Вижда се, че пиковете на амплитудата са в позициите, в които всички вълни са във фаза. Амплитудите на пиковете са толкова по-високи и пиковете са толкова по-тесни, колкото повече вълни се наслаgват във фаза.
 (b): На интуитивно ниво е показано как къс и интензивен импулс се формира в лазерен резонатор [8].

Да си припомним явлението „биене“ между две честоти. То се случва при наслаgване на две вибрации със сходни честоти. Честотата на биене е равна на разликата между честотите на тези вибрации (сигнали). В контекста на

акустиката, звукът със средната честота на звуковите вълни се модулира по амплитуда с по-ниската честота на биене, зависеща от разликата между честотите [7]. Чуват се ... пулсации ... импулси...

Има ли биенето нещо общо с генерацията на свръхкъси импулси? Да. Нека да погледнем примера, показан на Фигура 5(a). За простота тук е прието, че всички наслагващи се честоти са с еднаква амплитуда. Ако „правилно“ (т.е. синхронизирани по фаза) се насложат 5 честоти на 5 надлъжни мода, вследствие на ефекта на биене ясно се оформя пулсация. Ако „правилно“ биха се насложили 50 честоти на 50 надлъжни мода, импулсът ще е съществено по-къс и с по-висока амплитуда. На Фигура 5(b) илюстрацията е допълнена с лазерен резонатор. В реалистичната оценка за броя на синхронно наслагващите се честоти на надлъжните модове на титан-сапфиров лазер получихме, че броят им е около половин милион! Това, без да се впускаме в детайлите как се получава самото синхронно наслагване (т.нар. синхронизация на модовете), обяснява свръхкъсите импулси. От лазерния резонатор те се излъчват през интервали от време, равни на времето за двоен обход на резонатора (т.е. с типични честоти на повторение от порядъка на 80 MHz).

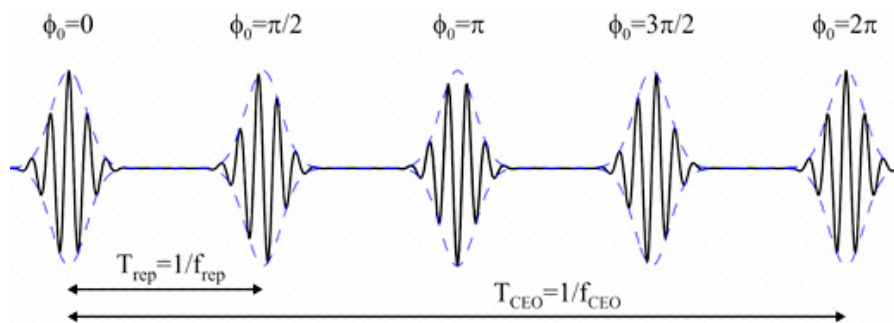


Фигура 6. Схематично представяне на техниката на усилване на свръхкъси импулси, които предварително са разширени, а след усилването са скъсени. Фигурата е адаптирана от публикация на Нобеловия комитет [9]

Фемтосекундните импулси, генерирани директно от осцилатори, страдат от два „недостатъка“, за преодоляването на които в близкото минало бяха присъдени други две Нобелови награди. Първо, типичните енергии на отделните

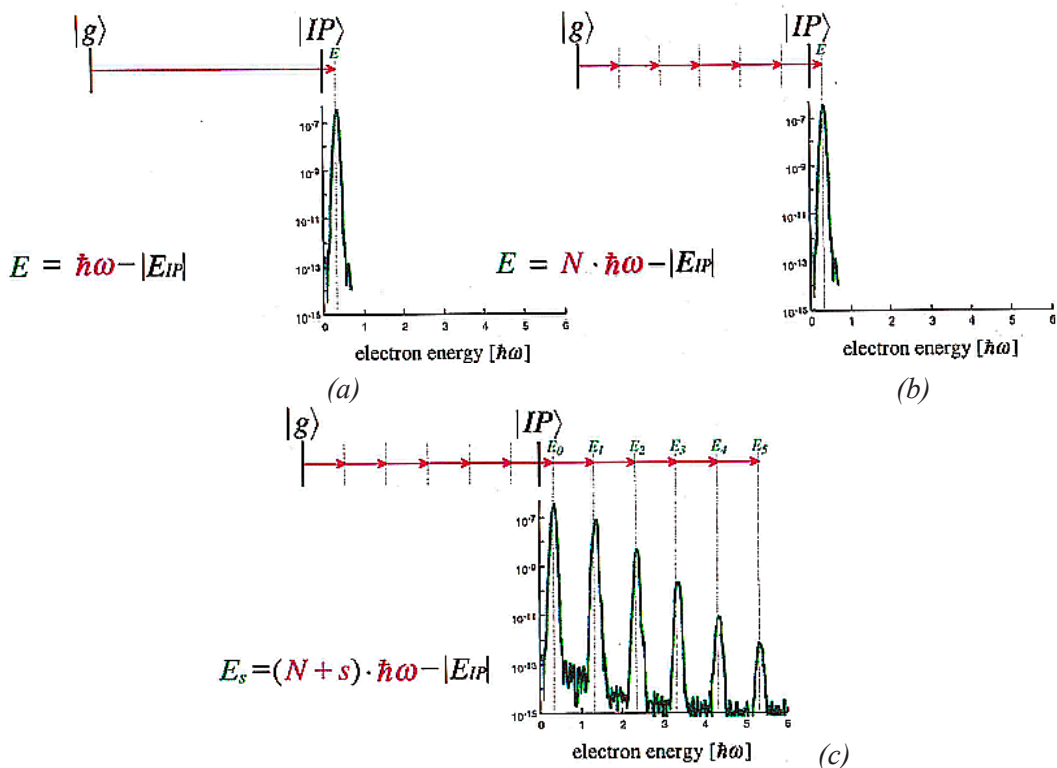
импулси на фемтосекундните титан-сапфирови осцилатори са от порядъка на 10 nJ. Твърде нискоенергетични... , макар тази енергия, съсредоточена например в импулс с продължителност от 10 fs, да съответства на пикова мощност от 10^6 W в нефокусиран сноп и на интензитети над 10^{10} W/cm² при реалистично силно фокусиране. Нелинейната оптика като цяло, и в частност генерирането на високи хармонични и на атосекундни импулси, изискват още по-високи интензитети на лазерното лъчение (например над 10^{14} W/cm²). Прякото усилване на такива импулси не е възможно, защото се надхвърля прагът на оптичен пробив в оптичните материали и интензивното лазерно лъчение ги разрушава. Изходът от ситуацията е намерен от Жерар Муру и Дона Стрикланд, за което през 2018 г. им бе присъдена Нобелова награда по физика. Доста опростено казано, присъдена им е за правилното подреждане на 3 думи, описващо последователността на три манипулации на свръхкъсите импулси: **разшири** импулсите контролирано (при което интензитетът им спада), **усили** ги по енергия (без опасност от оптичен пробив в активната среда) и ги **скъси** контролирано.

Втори заслужаващ особено внимание проблем е идентифициран при пределно къси фемтосекундни импулси, които имат само няколко цикли на носещата вълна под обвивката си (т.нар. *single cycle pulses* или *few cycle pulses*). На Фигура 7 е представена поредица от 5 такива импулса, следващи през интервал от време T_{rep} , което се определя от времето за обхождане на резонатора от импулса и е обратно пропорционално на честотата на повторение на импулсите f_{rep} . Когато се представят толкова къси импулси, е прието да се визуализират циклите на носещата вълна (представени с непрекъснатата крива линия на Фигура 7), тъй като обвивката на амплитудата ѝ (прекъснатата крива линия на Фигура 7) вече не е достатъчно информативна. Носещата вълна се обозначава като „*carrier*“, обвивката – като „*envelope*“. Над всеки така илюстриран импулс със само няколко цикъла на носещата вълна под обвивката е показана (изчислена) фазата ϕ_0 на централния пик на носещата вълна спрямо обвивката. Вижда се, че от импулс към импулс абсолютната фаза ϕ_0 се променя. По тази причина се ползва англоезичният термин „*carrier-envelope offset*“ (съкратено CEO; виж Фигура 7). За простота е представена ситуация, в която всеки пети импулс се повтаря, но реалността е по-сложна. Каква е причината? Носещата вълна се разпространява с фазова скорост, а обвивката – с групова скорост (повлияна от дисперсията на показателя на пречупване на прозрачния диелектричен материал – въздух, топен кварц, сапфир...). Макар и малко, фазовата и груповата скорост се различават. Почти интуитивно е ясно, че ефектът е силен при свръхкъси импулси с 2-3 периода на носещата вълна под обвивката им и е на практика пренебрежим при 10, 20 и повече периоди (например за фемтосекундни импулси с продължителност над 20 fs).



Фигура 7. Графично пояснение към променливата абсолютна фаза („carrier-envelope offset“) [10]

Този проблем също е разрешен. Половината от Нобеловата награда по физика за 2005 г. е присъдена по равно на Джон Хол и на Тиодор Хенш „... за техния принос към развитието на прецизната лазерно-базирана спектроскопия, включваща техниката на оптичния гребен от честоти“. Под „оптичен гребен от честоти“ (*optical frequency comb*) се разбират еквиливантните честотни компоненти, покриващи поне една оптична октава. Те, в крайна сметка, се получават от синхронизираните модове на фемтосекундни лазери и вследствие на нелинейни процеси. Такъв доста скромна „честотен гребен“ от 5 честоти е представен на дясната схема на Фигура 3. Представата е вярна за спектрална ширина от порядъка на единици GHz (напр. за хелий-неонов лазер). Нека да си представим една оптична октава, генерирана от титан-сапфиров лазер с резонатор с дължина 1,5 m и генериращ в спектрална област с централна дължина на вълната 800 nm. Нека да приемем, че октавата се простира от (под) 550 nm до (над) 1100 nm. Оценката показва, че „гребенът от честоти“ съдържа над 2,7 милиона еквиливантни честотни компоненти, т.е. наистина се формира честотна скала, подобна на гребен или на скалата на обикновена линейка, с която измерваме линейни размери. Приносът на Джон Хол е в това, че пръв създава експериментален метод за стабилизиране на абсолютната фаза на свръхкъси импулси, с което стабилизира позициите на честотите в суперконтинуума (оптичната октава) и създава стабилна честотна скала. Тиодор Хенш намира елегантно алтернативно решение за стабилизиране на абсолютната фаза, синхронизирайки над 244 000 мода (в спектрален интервал от 18,39 THz). Той и сътрудниците му са първите, които „привързват“ такъв честотен гребен към честотата на комерсиално-достъпен цезиев атомен часовник. Така те осигуряват абсолютно калибриране на честотната скала на суперконтинуума и демонстрират възможностите за оптична спектроскопия с безпрецедентна точност. През 1999 г. те измерват честотата f_{1S-2S} на двуфотонния резонанс 1S-2S във водород с точност до 14-тия знак. [11].



Фигура 8. Илюстрация на процесите на еднофотонна (a), многофотонна (b) и надпрагова йонизация (c). Графиките са адаптирани от [12]

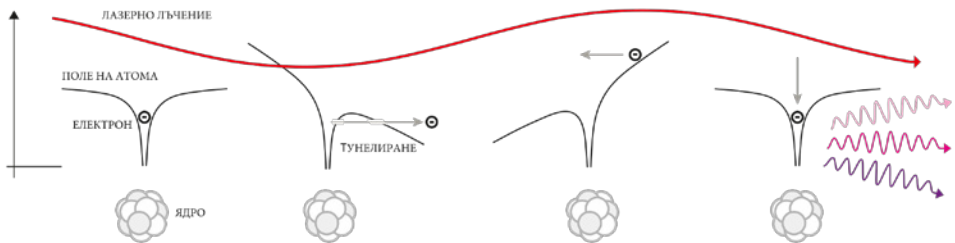
След този относително опростен, но надявам се достъпен увод във физиката на свръхкъсите импулси, насочвайки се вече към Нобеловите награди за 2023 г., е добре да очертаем физиката на надпраговата йонизация и на генерацията на висши хармонични. Възбуждащите лазерни импулси са с продължителности от напр. 30 фемтосекунди и по-къси, и са с високи интензитети, обикновено надхвърлящи $10^{14} - 10^{15} \text{ W/cm}^2$. В такъв режим електричното поле на оптичната вълна не е просто пертурбация към йонизационните потенциали на атомите, а силно ги модифицира. Ако една частица (нека, за простота, да мислим за атом) погълне фотон с енергия $\hbar\omega$, която превишава йонизационния ѝ потенциал E_{IP} , вероятно е частицата да се йонизира и освободеният електрон „отнася“ енергия $E = \hbar\omega - E_{IP}$. Така качествено може да се опише *еднофотонната йонизация* (Фигура 8(a)). Когато енергията на един фотон не е достатъчна, може да се наблюдава *многофотонна йонизация* (Фигура 8(b)). Тя се случва, когато частица погълне N фотона, всеки с енергия $\hbar\omega$, и енергията на тези N фотона превишава йонизационния ѝ потенциал E_{IP} . Тогава е (по-малко, но все пак) вероятно частицата да се йонизира и освободеният електрон „отнася“ енергия

$E = N\hbar\omega - E_{\text{IP}}$. Както споменахме, разглеждаме режим, в който електричното поле на оптичната вълна не е просто пертурбация към йонизационните потенциали на частиците, а силно ги модифицира. Може да се окаже така, че преди още високоенергетичният електрон да е „отлетял“ безвъзвратно като свободен електрон, електричното поле на светлинната вълна го връща към атомния остатък. Оставайки в негова близост, като свързана частица, електронът може да „поеме“ енергията на още S фотона, преди окончателно да „отлети“. Тогава той ще „отнесе“ енергия $E = (N + S)\hbar\omega - E_{\text{IP}}$. Полукласически и само на качествено ниво, този е механизъмът на *надпраговата йонизация* (Фигура 8(с)). При надпраговата йонизация в енергетичния спектър на електроните се появяват пикове, отстоящи един от друг на една енергия на фотона. С увеличаване на порядъка на процеса значително спада броят на електроните, йонизирани в този режим. Това се вижда от логаритмичните скали по ординатите на графиките.

Взаимодействие на лазерната светлина с атоми

Експериментите, които са демонстрирали тунелна йонизация чрез лазерна светлина, са довели също и до откритието на механизма, който ги е причинил. Как работи той?

ЕНЕРГИЯ



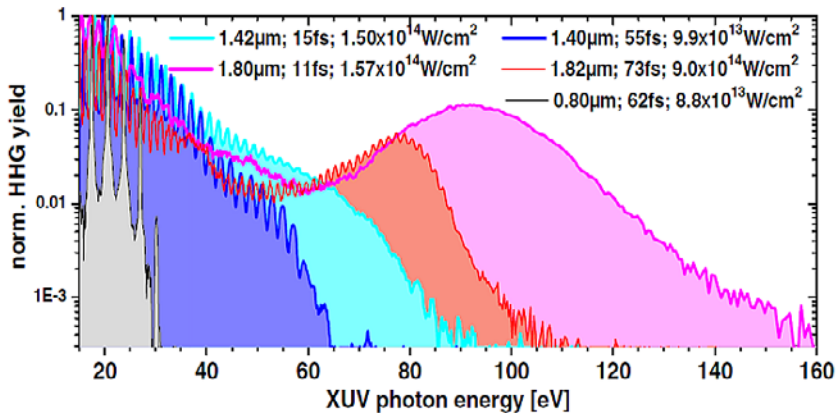
- 1 Електрон, който е свързан с атомното ядро, не може да напусне атома при нормални условия. Той просто няма достатъчно енергия да се издигне извън потенциалната яма, създадена от електричното поле на атома.
- 2 Атомното поле се модулира от лазерния импулс. Когато електронът се поддържа единствено от малка бариера, квантовата механика му позволява да тунелира навън и да "избяга".
- 3 Свободният електрон е все още повлиян от лазерното поле и придобива допълнителна енергия. Когато полето се обърне и промени своята посока, електронът е издърпан обратно в посоката, от която е дошъл.
- 4 За да се закрепят отново за атомното ядро, електронът трябва да се освободи от допълнителната енергия, придобита по време на обратния път. Тази енергия се излъчва като ултравиолетов импулс, дължината на вълната на който е свързана с тази на лазерното поле и се различава от нея в зависимост от това, колко надалеч се е отдалечил електронът.

© Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Фигура 9. Схематично представяне на генерирането на високи хармонични. Фигурата е адаптирана от публикацията на Нобеловия комитет [13]

Но процесът на надпрагово многофотонно възбуждане може да завърши и по друг начин. *Високоенергетичният електрон, върнат заради силното*

оптично поле към атомния остатък, може да рекомбинира с него и да отдаде енергията си като висока хармонична на възбуждащото лъчение. Както споменах в началото на този материал, през 1987 г. Ан ЛЮлие открива, че при преминаването на интензивни свръхкъси лазерни импулси през инертен газ се появяват високи нечетни n -ти хармонични вълни на лазерната светлина – импулси с дължини на вълните, n -пъти по-къси от дължината на вълната на възбуждащото лъчение. Нека да разгледаме Фигура 9, която е адаптиран вариант на фигурата, публикувана от Нобеловия комитет. Плътната червена крива илюстрира амплитудата на интензивната оптична вълна. На кадри 2 и 3 на същата фигура се вижда, че оптичното поле е в състояние силно да модифицира вътрешноатомното поле, в което се намира електрон в свързано състояние. В обичайни условия, електронът няма достатъчна енергия, за да преодолее потенциалната бариера на полето на атома (кадър 1 на Фигура 9). На кадър 2 полето на атома е силно повлияно от оптичното поле. Електронът може да тунелира, преодолявайки понижената потенциална бариера, и да започне да се отдалечава. Практически свободният електрон е под силното влияние на оптичното поле и може да акумулира още известно количество енергия (кадър 3 на Фигура 9). Когато полето се обърне и промени посоката си, електронът е избутан обратно на посоката, от която идва, т.е. към атомния остатък. Ако електронът рекомбинира с атомния остатък (кадър 4 на Фигура 9), той излъчва енергия под формата на ултравиолетов или на рентгенов фотон, честотата на който зависи от това колко електронът се е отдалечил от атомния остатък.



Фигура 10. Илюстрация на спектри на високите хармонични [14]

За да илюстрирам как изглеждат спектрите на високите хармонични, позволявам си на Фигура 10 да представя експериментален резултат, публикуван през 2012 г. На тази графика енергиите на фотоните са представени в единици електрон-волтове (eV). Преходът от [eV] към дължини на вълните в нанометри

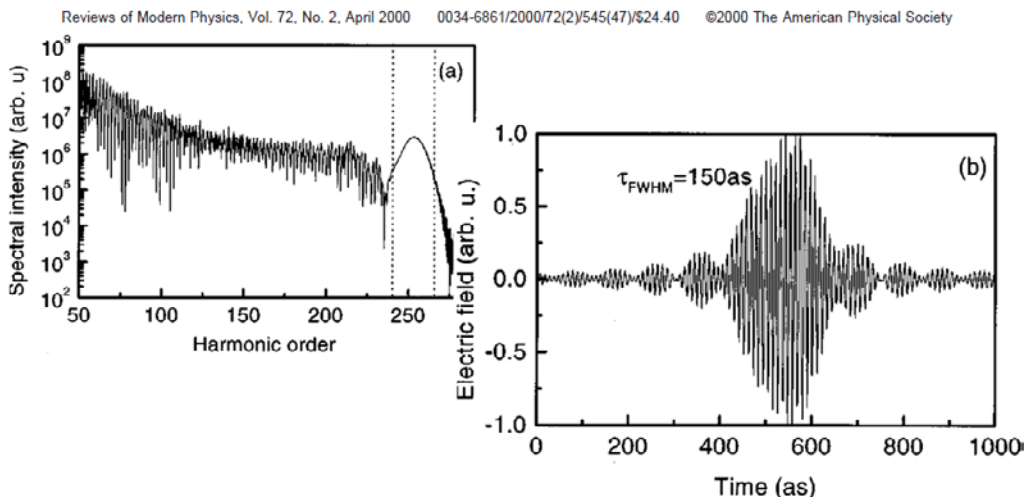
се извършва по известната формула $E \text{ [eV]} = 1239,8/\lambda \text{ [nm]}$, т.е. 100 eV съответстват на екстремно ултравиолетово (XUV) лъчение с дължина на вълната $\sim 12,4 \text{ nm}$. Това, което ясно се вижда, са добре очертаните пикове на отделните хармонични до енергии около 60 eV. Също така се вижда тенденцията, че колкото по-високи са интензитетите на ползваните свръхкъси импулси и колкото по-дълговълново е лъчението на фемтосекундния лазер, предизвикващ процеса, толкова по-широк е спектърът на хармоничните и толкова по-дълбоко те проникват в екстремния ултравиолет.

Връщайки се към Нобеловите лауреати за 2023 г., заслугата на Пиер Агостини е в генерирането и изследването на поредици от светлинни импулси, всеки с продължителност от само 250 атосекунди, следващи с висока честота на повторение. Постижението е забележително, макар високата честота на повторение на тези ултракъси импулси да позволява от изследваните образци да се получи само усреднен по много импулси сигнал. В друг експеримент Ференц Краус успява да изолира единичен светлинен импулс с продължителност от само 650 атосекунди.

Intense few-cycle laser fields: Frontiers of nonlinear optics

Thomas Brabec and Ferenc Krausz*

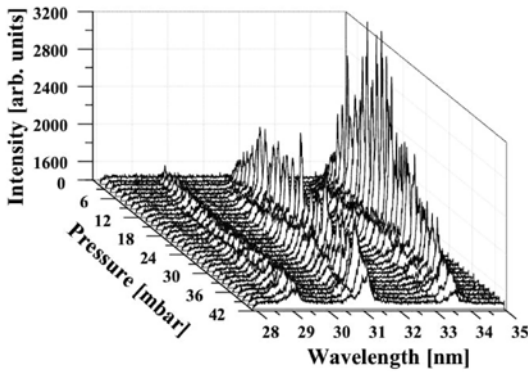
Institut für Photonik, Technische Universität Wien, Gusshausstrasse 27/387,
A-1040 Wien, Austria



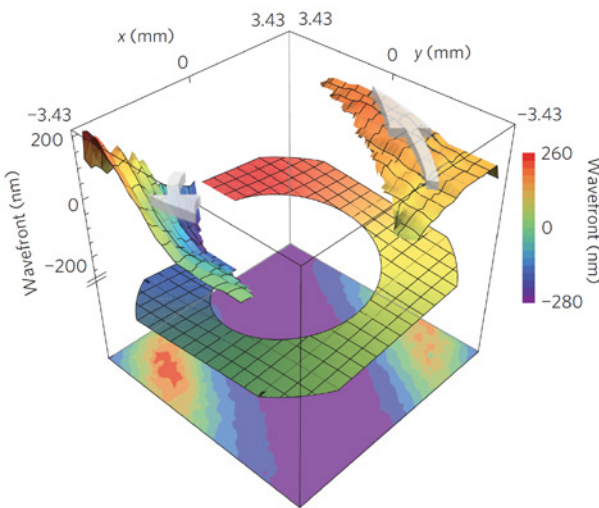
Фигура. 11. Елементи от статия на Нобеловия лауреат Ференц Краус, публикувана през 2000 г.

В заключителната част на този материал искам да поставя втория акцент: Българският принос към изследванията, удостоени с Нобелова награда по физика на 2023 г., е на проф. Иван Христов от катедра „Квантова електроника“

на Физическия факултет при Софийския университет „Св. Климент Охридски“. През 1996 г. проф. Христов докладва на международна конференция и в последствие публикува статия с ключов резултат: изолиран атосекунден импулс може да се генерира от мощен инфрачервен фемтосекунден импулс, съдържащ няколко периода на носещата вълна, като се използва континуума в края на генерирания от електроните спектър [15]. Тази работа е цитирана във всички важни експериментални работи по генерация на единични атосекундни импулси, включително в тези на Нобеловия лауреат Ференц Краус, който е осъществил първия успешен експеримент, довел до получаване на единични 650-аттосекундни импулси [16]. Към декември 2023 г. тази публикация на проф. Христов и съавтори има над 800 цитирания в световната литература. На Фигура 11 е показан колаж от две фигури и библиографски данни на статия



Фигура 12. Относителни интензитети на 25-та, 27-ма и 29-та хармонична на титан-сапфиров лазер като функция на налягането на газ аргон [19]



Фигура 13. Вълнов фронт на оптичен вихър, оценен в точките, в които интензитетът на сигнала е над $1/e^2$ от максимума в XUV областта, реконструиран от сензор на Хартман (горна повърхност). Вълновият фронт е наклонен в противоположни посоки за противоположните крила на вихровия сноп и се наблюдава спиралност (обозначена с двете бели стрелки). Междинната повърхнина показва теоретично очакваната спиралност на фазата [20]

на Нобеловия лауреат Ференц Краус, публикувана през 2000 г. На лявата графика, около 250-тата хармонична, с прекъснати вертикални линии е ограден спектрален интервал, в който се помества континуума в края на генерирания от електроните спектър. В съответствие с предсказанието на проф. Христов, Фурие-трансформацията му съответства на атосекунден импулс (измерен – 150 as; виж дясната графика на Фигура 11).

Разбира се, проф. Иван Христов продължава изследванията си. В публикацията на Нобеловия комитет, описваща научната обосновка за присъждане на тазгодишната награда по физика [17], под номер 35 е цитирана друга публикацията на проф. Христов [18], в която е предсказана теоретично възможността за усилване на една отделна висока хармонична от целия генериран спектър. Основната идея на този метод е т.нар. кохерентен контрол във фемто-атосекундната област, където подходяща амплитудна и фазова модулация на лазерното лъчение може да доведе до силна конструктивна интерференция на излъчването от различните електронни траектории за дадената хармонична. Това също е несъмнено признание за неговия и на съавторите му принос към изследванията в тази област.

В заключение бих искал да спомена, че в Лабораторията по фемтосекундна фотоника (ЛФФ) на катедра „Квантова електроника“ при Физическия факултет, в по-ново време са получени още два резултата, заслужаващи внимание. В статията [19] представихме системата за генериране на високи хармонични в ЛФФ и изследвания на нейните параметри. За преобразуване на напомпващото лазерно лъчение от фемтосекундна лазерна система на базата на активна среда титан-сапфиров кристал, бе ползван кух вълновод, запълнен с газ Ar, а не както в преобладаващите експерименти в Европа – свободно течащи газови струи. Генерирани бяха от 13-та до 31-ва хармонични (Фигура 12). В режим на относително ниски интензитета ($I \sim 10^{14} \text{ W/cm}^2$) определихме, че оптималното налягане на газа в кухия вълновод за генериране на високи хармонични с нашата система е 36 mbar газ Ar.

В друг експеримент, инициран в ЛФФ, за първи път бе експериментално доказано [20], че оптични вихри, формирани във фемтосекундните снопове, се пренасят като сингулярни снопове и във високите хармонични (виж Фигура 13). Резултатът не е тривиален, доколкото, както вече бе описано, генерирането на високи хармонични е непертурбативен процес. Към декември 2023 г. тази публикация има над 185 независими цитирания.

В заключение, бих препоръчал на заинтересования читател да се запознае с една относително нова статия, публикувана в списание с отворен достъп [21]. Освен че е великолепно илюстрирана, в нея подробно е описано и как се провеждат измервания на продължителността на атосекундни импулси. Сами

по себе си, ползваните (авто)корелационни методи са както разнообразни, така и физически красиви.

Литература

- [1] http://www.columbia.edu/~vjd1/electromag_spectrum.htm
- [2] <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1964/summary/>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Longitudinal_mode
- [4] <https://www.testandmeasurementtips.com/basics-lasers-part-two/>
- [5] <https://physics.stackexchange.com/questions/355223/laser-gain-curve>
- [6] E. Sorokin, Topics Appl. Phys. 95, 3-73 (2004).
- [7] <https://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/beats.htm>
- [8] http://www.optique-ingenieur.org/en/courses/OPI_ang_M01_C01/co/Contenu_13.html
- [9] <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/10/press-fig3-fy-en-cpa.pdf>
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Carrier-envelope_phase
- [11] https://content.coherent.com/legacy-assets/pdf/Optik_und_Photonik_-_2017-02.pdf
- [12] W. Becker, F. Grasbon, R. Kopold, D. B. Milosevic, G. G. Paulus, and H. Walther, Advances in Atomic, Molecular, and Optical Physics 48, 35-98 (2002).
- [13] https://www.nobelprize.org/uploads/2023/10/fig4_fy_en_23.pdf
- [14] B. E. Schmidt et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 45, 074008 (2012).
- [15] I. P. Christov, M. M. Murnane, and H. C. Kapteyn, Phys. Rev. Lett. 78, 1251 (1997).
- [16] M. Hentschel et al., Nature 414, 509 (2001).
- [17] <https://www.nobelprize.org/uploads/2023/10/advanced-physicsprize2023.pdf>
- [18] I. Christov, R. Bartels, H. Kapteyn, and M. Murnane, Phys. Rev. Lett. 86, 5458 (2001).
- [19] N. Dimitrov, L. Stoyanov, I. Stefanov, I. P. Christov, A. Dreischuh, Bulg. J. of Physics 44, 99-108 (2017).
- [20] M. Zürich, C. Kern, P. Hansinger, A. Dreischuh, and Ch. Spielmann, Nature Physics 8, 743-746 (2012).
- [21] T. Gaumnitz et al., Opt. Express 25, 27506-27518 (2017).



THE 2023 NOBEL PRIZE IN PHYSICS AND THE CONTRIBUTION OF A BULGARIAN RESEARCHER

Alexander Dreischuh

The Nobel Prize in Physics 2023 was awarded „for experimental methods that generate attosecond pulses of light for the study of electron dynamics in matter“. In this article, using the more general understanding of light and what is meant by fast process in photonics, the basic processes underlying the generation of laser radiation are presented. The brief overview of laser development focuses on the Titanium-Sapphire lasers, based on which ultrashort ultrahigh-power laser pulses are generated. At a qualitative level, the two related non-perturbative processes of above-threshold ionization and high-harmonic generation are presented. The last focus of this paper is on the contribution of the Bulgarian scientist Professor Ivan Christov from Sofia University to the results for which the 2023 Nobel Prize in physics was awarded.

НАЦИОНАЛЕН КОНКУРС ЗА ЕСЕ за ученици и студенти на тема: „ФИЗИКАТА В МОЕТО БЪДЕЩЕ“

част от Младежка научна сесия в рамките на 52-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика (13-16 юни 2024 г., Сливен)

Повече информация на
<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/52NK.html>

Краен срок – 18.04.2024 г.

ЛАБОРАТОРИЯ „ПОЛУПРОВОДНИКОВИ ХЕТЕРОСТРУКТУРИ“ В ИФТТ ПРИ БАН: ИСТОРИЯТА НА ЕДНО АКАДЕМИЧНО ЗВЕНО II част

Анна Секереш, Сашка Александрова

I. Увод

В предишния брой на „Светът на физиката“ бе представена I-та част на статията, където бяха разгледани кратко научноорганизационните дейности на лабораторията „Полупроводникови хетероструктури“ за времето на нейното съществуване от създаването ѝ през 1989 г. досега.

С цел запознаване с основателите на Лабораторията, по-надолу са представени техните кратки научни биографии, както следва:



Доц. д-р Симеон С. Симеонов получава магистърска степен по физика през 1966 г. и докторска степен през 1971 г. в Харковския университет, Украйна. От 1967 г. работи в ИФТТ, а от 1989 г. е ръководител на Лаборатория „Полупроводникови хетероструктури“. Научните му интереси са изследвания на електрофизичните свойства на контакти метал-полупроводник с бариера на Шотки чрез измерване на тока и капацитета на структури при температури 77 – 300 К, дълбоки нива в полупроводникови материали и структури по DLTS метод. Има над 60 научни публикации, цитирани общо над 180 пъти. След пенсионирането си продължава научната си дейност като асоцииран член на ИФТТ.



Доц. д-р Анна М. Секереш получава магистърска степен по електронно инженерство със специалност „Полупроводникови прибори“ в Московския технически университет през 1972 г. и докторска степен в ИФТТ през 1985 г. От 1974 г. работи в ИФТТ, от 2011 г. е ръководител на Лаборатория „Полупроводникови хетероструктури“. Основната област на научната ѝ дейност е изследване на структурата, оптичните и електричните свойства на наноструктури на базата на Si и тънки слоеве от метални оксиди и нитриди, както и дефекти, генерирани от технологични процеси и/или облъчване. Има над 235 научни публикации, цитирани общо над 1500 пъти. След пенсионирането си продължава научната си дейност като асоцииран член на ИФТТ.

Проф. д.т.н. Сашка П. Александрова получава магистърска степен по физика на полупроводниците от Софийския университет през 1970 г. През

същата година започва работа в ИФТТ, където получава докторска степен през 1981 г. През 2003 г. постъпва като доцент в Техническия университет – София,



като продължава научната си дейност в ИФТТ. През 2009 г. защитава дисертация за „доктор на техническите науки“ на тема „Технологично-индуцирани радиационни дефекти в силициеви микроелектронни структури“ и през 2011 г. е избрана за професор в ТУ – София. Научните ѝ интереси са в областта на физиката и технологията на полупроводниците и наноструктурите, повърхностни и интерфейсни свойства в тънкослойни

структури и нелинейни оптични явления в тънки слоеве. След пенсионирането си продължава научната си дейност като асоцииран член на ИФТТ и като преподавател в ТУ – София. Има над 90 научни публикации, цитирани общо над 600 пъти. От 2016 г. е главен редактор на списание „Светът на физиката“, печатен орган на Съюза на физиците в България. Автор е на многобройни научно-популярни статии.



Доц. д-р Парване Данеш получава магистърска степен по физика на полупроводниците от Софийския университет (СУ) през 1971 г. През 1976 г. тя защитава докторска степен в Техническия университет в Кемниц, Германия, и същата година започва работата си в ИФТТ. През 1996 г. получава втора магистърска степен по компютърни науки от СУ. Изследванията ѝ се фокусират върху свойствата на хидрогениран a-Si (a-Si:H),

получен чрез PECVD, както и интегрирането на a-Si:H структури с оптични влакна и оптични вълноводи в стъкло. Участва в разработването на структури за оптични детектори и сензори за контрол на околната среда и химически и биологични приложения. Нейните научни интереси включват и взаимодействието на радиация с тънки слоеве. Има над 100 публикации, цитирани общо над 500 пъти.



Проф. д.ф.м.н. Соня Касчиева получава магистърска степен по атомна физика в СУ през 1966 г. и постъпва на работа във ФИ с АНЕБ БАН. През 1976 – 77 г. е на работа в Института по полупроводници – НАНУ. През 1978 г. получава докторска степен в ИФТТ. Научните ѝ интереси са свързани с изследване на радиационните дефекти в МОС структури от облъчване и/или имплантация. През 1986 – 89 г. работи като ст.н.с. в ОИЯИ

в Дубна, Русия, където започва първите изследвания по взаимодействие на високоенергетични (MeV) електрони с полупроводникови хетероструктури. През 1999 г. защитава дисертация за „доктор на физико-математическите науки“ в ОИЯИ – Дубна. Ръководи 18 съвместни научни проекта, финансирани

от ОИЯИ. През 2005 г. е избрана и утвърдена от ВАК за професор в ИФТТ. Има над 120 научни статии, цитирани общо над 350 пъти, и е съавтор на 2 монографии и 1 глава в книга. След пенсионирането си продължава научната си дейност като асоцииран член на ИФТТ.



Доц. д-р Николай Пеев получава магистърска степен инженер със специалност Полупроводникова техника и микроелектроника в Техническия университет, Дрезден, през 1973 г. и докторска степен в Санкт Петербургския държавен електротехнически университет (СПЕДУ), Русия, през 1979 г. В периода 1987 – 92 г. работи в ИЕ – БАН, а от 1990 до 1995 г. – в СПЕДУ, Русия. От 1996 г. работи в ИФТТ. Изследванията му се фокусират върху процесите, протичащи в областта на фазовата граница при течнофазна епитаксия за оптоелектроника и СВЧ приложения. Има над 50 научни публикации, цитирани общо над 70 пъти.

Във втора част на настоящата статия са представени по-важни научни резултати от проведените изследвания. Дадени са кратки описания на основни теми, като резултатите от изследванията на слоеве и структури са подкрепени с графични резюмета и съответните цитати на избраните публикации.

II. Научни резултати и приноси

Изследователската работа на научния колектив, извършвана повече от три десетилетия, може да се обобщи в шест основни теми.

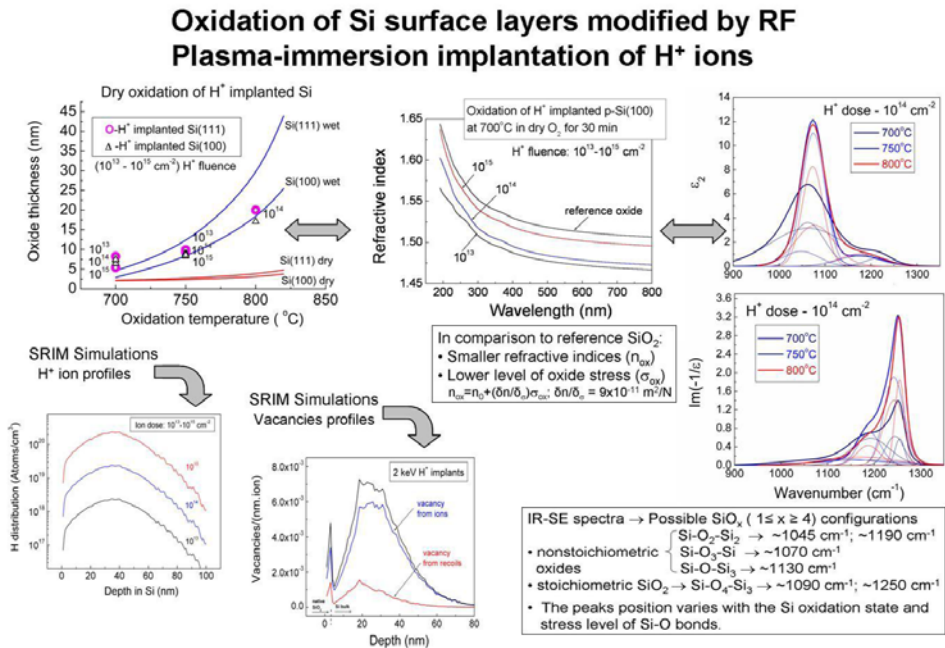
1. Разработване на технология за свръхтънки слоеве от SiO_2 и SiO_xN_y чрез плазмени технологии и изучаване на тяхната структура и свойства.

През последните десетилетия на ХХ в. се наблюдава нарастващ интерес към разработването на наноструктурирани материали, включително наноструктури на основата на Si с наноразмерни слоеве от SiO_2 , SiO_x и SiO_xN_y , с цел получаването им с регулируема структура, състав и дебелина за специфични приложения в производството на електронни и оптични елементи, интегрирани в Si подложки. В Лабораторията се провеждат експерименти за разработка на технология за получаване на такива слоеве със зададени свойства, отговарящи на изискванията на съвременната нано- и оптоелектроника.

Част от изследванията са фокусирани върху растежа на свръхтънки SiO_2 слоеве с ниски механични напрежения при понижени (< 850 °C) температури на окисление чрез хидрогениране на приповърхностната област на Si-подложки посредством плазмено-имерсионна йонна имплантация (ПИИ) на водород

преди окисляването. Тези изследвания се базираха на резултатите от предишни изследвания по хидрогениране на Si във ВЧ плазмена среда, при които бяха постигнати минимизиране или отгряване на дефектите, генерирани от външни фактори и технологични процеси [1 – 3].

Разработена е технологията за получаване свърхтънки SiO₂ слоеве чрез нискотемпературно (700 – 800 °C) термично окисление на хидрогенирани Si пластини чрез ПИИ на нискоенергетични (2 keV) H⁺ йони с различни дози (10¹³ – 10¹⁵ cm⁻²). От UV-VIS елипсометрични изследвания са определяни състава и дебелината на модифицирания слой Si, която варира от 14 до 23 nm [4]. Установено е, че израснатите тънки SiO₂ слоеве (степен на окисление SiO_x) върху хидрогениран Si са с по-малки структурни напрежения и концентрация на дефекти [5 – 7]. Генерираните от H⁺ имплантация механични напрежения остават ниски – от порядъка на 10⁸ N/cm² [4]. Резултатите показват потенциала за израстване на висококачествени оксидни слоеве за съвременната Si-технология при понижени температури (Фигура 1).



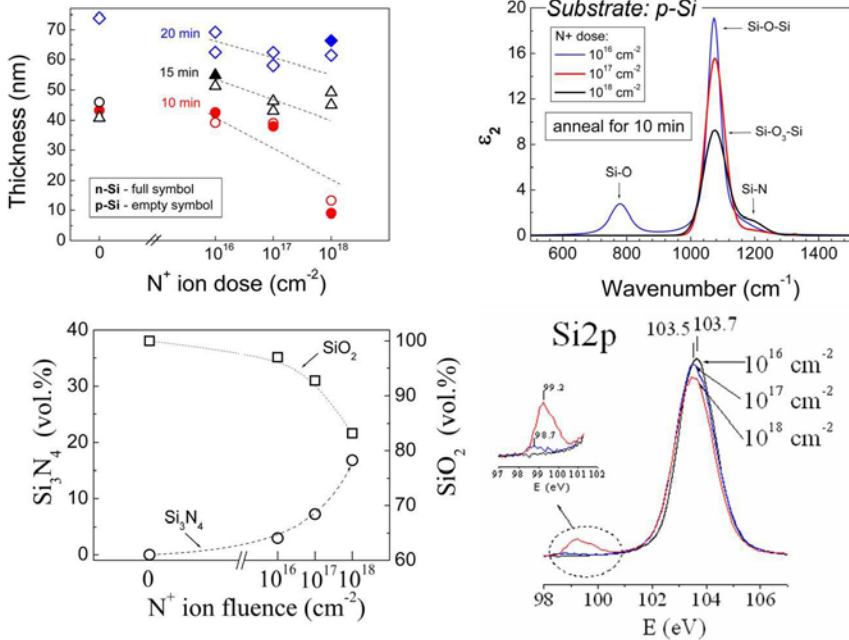
Фигура 1. Нискотемпературно термично окисление на хидрогениран Si чрез плазмено-имерсионна имплантация на H⁺ йони с различни дози (10¹³ – 10¹⁵ cm⁻²) [6, 7]

Поради засилената миниатюризация на интегралните схеми търсенето на заместител на SiO₂ слоеве в МОС структури с по-високи диелектрични константи се увеличи. Легираният с азот силициев оксид за формиране на

SiO_xN_y бе едно от обещаващите решения. В тази насока в Лабораторията е проведено изследване на тънки слоеве от SiO_xN_y , отложени върху Si-подложки чрез методи на плазмено химично вакуумно отлагане (PE-CVD) [8] и химично отлагане от пари при ниско налягане (LP-CVD) [9], като по-добри резултати бяха постигнати с втория метод. Получените слоеве обаче не са подходящи за приложение в наноразмерни структури.

Синтезът на SiO_xN_y чрез имплантиране на азот в Si с последващо отгряване в сух O_2 предлага алтернатива с предимството да осигурява чисти условия без водород за наноразмерни слоеве. Чрез регулиране на технологичните параметри могат да бъдат прецизно контролирани структурата, съставът и дебелината на образуваните слоеве в съответствие с изискванията на дадената област на приложение.

Annealing at 1050°C in $\text{O}_2 \rightarrow$ oxidation of N^+ ion implanted Si



Фигура 2. Резултати от изследване на SiO_xN_y слоеве при отгряване на N^+ -имплантиран Si [10, 11]

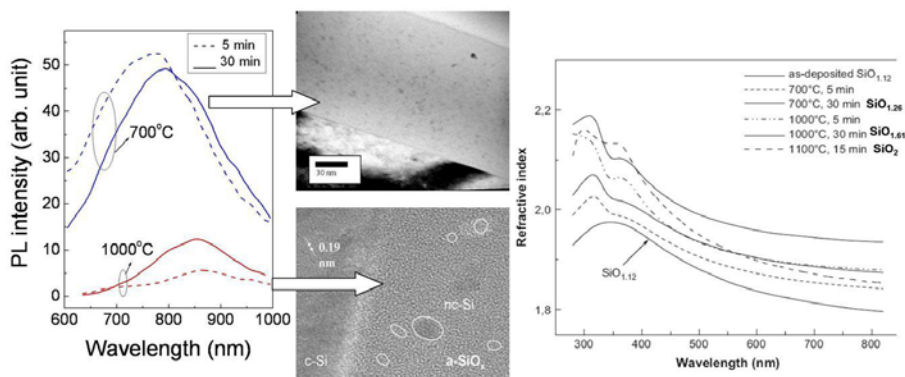
Синтезирани са тънки наноразмерни слоеве от SiO_xN_y в плитка Si повърхностна област, модифицирана чрез ПИИ имплантация на (4 keV) N^+ йони с различни дози – от 10^{16} до 10^{18} cm^{-2} . Изследванията са проведени съвместно с учени от Института по физикохимия, РА. Установено е, че при 1050 °C отгряване в сух O_2 растежът на слоевете е процес, ограничен от дифузия на N^+ йони

през модифицираната област на Si [10, 11]. Спектралното елипсометрично (SE) моделиране показва, че слоевете са плътни и се състоят от SiO₂ и Si₃N₄ фази, чието съотношение зависи от дозата на N⁺ [11]. От анализ на IR-SE и XPS спектри е установено наличие на Si-O, Si-N, Si-NO и Si-Si химични връзки. Слоевете са идентифицирани като SiO_xN_y с ниско съдържание на азот (Фигура 2).

2. Изследване на структурата и свойствата на тънки слоеве SiO_x с вградени Si нанокристали (nc-Si)

Едно от новите направления на Si-технологии е формиране на силициеви наночастици, подходящи за използване в постоянни памети и светоизлъчвателни прибори, поради което интензивно се изследват слоеве от SiO_x с вградени Si наночастици. Задачата пред Лабораторията бе изучаване на слоеве от SiO_x, получени чрез термично изпарение и последващо отгряване при температури 700 – 1100 °C. Изследванията са проведени съвместно с учени от Института по физика на полупроводниците, Украйна, и Университета „Еотвош Лоранд“, Унгария.

Silicon nanoparticles in thermally annealed SiO_x films



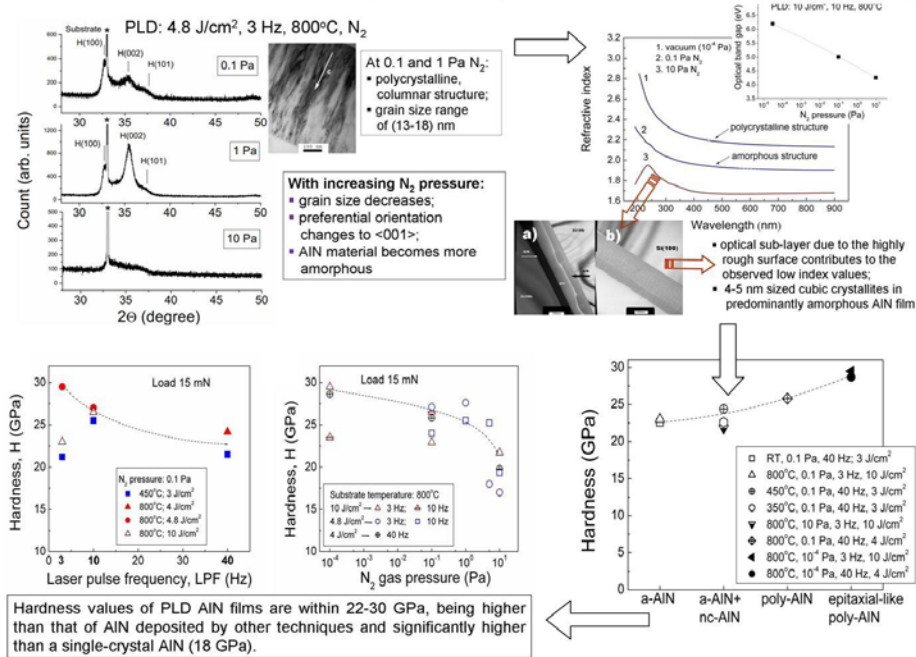
- Annealing at 700°C leads to coagulation of Si atoms into amorphous clusters, while at 1000°C the Si clusters form randomly distributed crystallites with average size of 3 nm. (as-deposited oxide → SiO_{1.12}; 700°C anneal → SiO_{1.26}; 1000°C anneal → SiO_{1.61})
- PL emission is several times more intense in the SiO_x films with embedded amorphous Si nanoclusters.

Фигура 3. Основни резултати от изследвания на термично изпарени и отгряти слоеве от SiO_x (1,12 ≤ x ≤ 2) [12 – 14]

Направено е комплексно изследване на структурата, състава и оптичните свойства на наноструктурирани SiO_x слоеве с ТЕМ, АФМ, IR и SE спектроскопия. Структурата, съставът и оптичните константи на тези слоеве, както и

размерът и обемната фракция на Si наночастици в тях, силно зависят от условията на отгряване. Вакуумно изпарените слоеве са субоксиди SiO_x ($x = 1, 1,2$) [12]. При температури под 1000°C в оксидната решетка се вграждат аморфни Si наночастици. При 1000°C се образуват nc-Si частици ($\sim 2 - 3$ nm) с 12% обемна фракция в субоксидната $\text{SiO}_{1,61}$ матрица [13]. При 1100°C слой се окислява до стехиометричен SiO_2 и се увеличава обемната фракция на nc-Si до 22 % [14]. Всички слоеве имат фотолуминесцентни (PL) свойства, като интензитетът на PL емисия е по-висок в оксиди с вградени аморфни Si нанокластери [13] (Фигура 3).

Nanostructured AlN films deposited by pulsed laser deposition (PLD)



Фигура 4. Резултати от изследвания на слоеве от PLD AlN, отложени в азотна среда при ниски налягания и при 800°C . Представени са примерни данни от HR-TEM, XRD, SE анализи и от измервания на микротвърдостта [17 – 19]

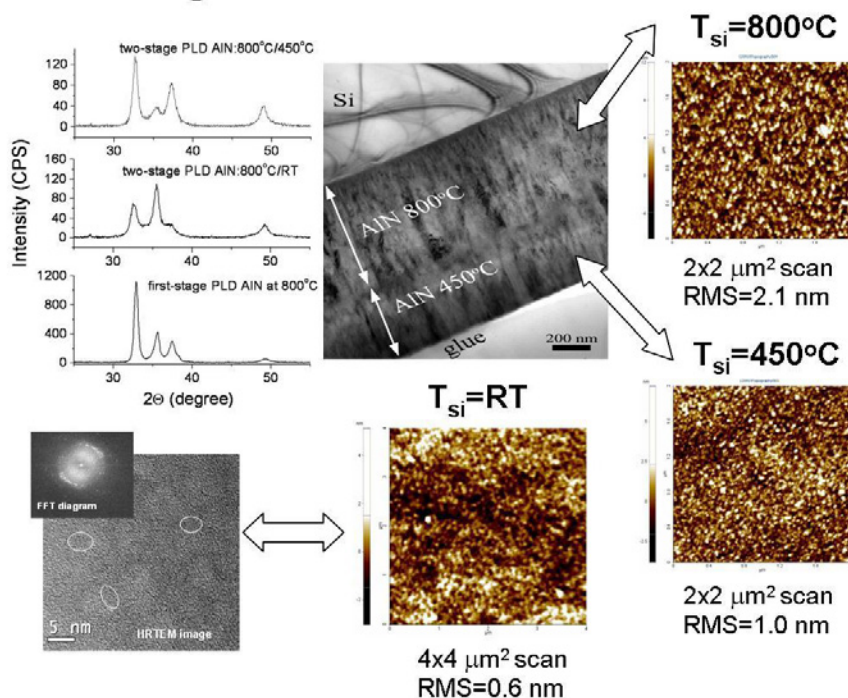
3. Изследване на структурата и свойствата на тънки слоеве от AlN, синтезирани чрез импулсно-лазерно отлагане.

Алуминиевият нитрид (AlN) притежава редица свойства, които го нареждат сред най-перспективните материали за полупроводниковата електроника, оптоелектрониката, акустоелектрониката, твърди покрития и др. В Лабораторията са проведени изследвания на структурата и свойствата на AlN слоеве, синтезирани чрез импулсно-лазерно отлагане (PLD). Методът е прост, бърз и рентабилен, с прецизен контрол на стехиометрията, дебелината и морфологията

на тънките слоеве. Работата е извършена в съвместно сътрудничество с колеги от Централната лаборатория по приложна физика, БАН, Националният институт по лазерна, плазмена и радиационна физика и Института по физикохимия, РА, и Университета „Еотвош Лоранд“, Унгария.

Изследвани са тънки слоеве от AlN, синтезирани върху монокристален Si при различни температури, параметри на KrF* ексимерния лазер и налягане на азота [15 – 19]. Показано е, че слоевете имат повишена микротвърдост и добри оптични и механични свойства [16]. Анализът от данните на XRD и ТЕМ показва, че в зависимост от технологичните условия нанокристалитите, вградени в аморфен слой, могат да бъдат в кубична, хексагонална или смесена фаза [15, 17, 18] (Фигура 4).

Two-stage PLD AlN thin films



Фигура 5. Двуетапно импулсно-лазерно отлагане на слоеве от AlN при налягане на азота 0,1 Pa и при различни температури, използвайки KrF* ексимерен лазер с параметри: $\lambda = 248 \text{ nm}$, $\tau_{FWHM} \leq 25 \text{ ns}$, $f = 40 \text{ Hz}$. Представени са основни XRD спектри и AFM и ТЕМ микрографски изображения [21, 22]

Отложените PLD слоеве от AlN при понижена температура 450 °C, в азотна среда при налягане 0,1 Pa, при различни честоти на лазерните импулси (3, 10, 40 Hz) и продължителност на импулса $\tau_{FWHM} \leq 25 \text{ ns}$, се характеризират с аморфна

структура с вградени нанокристалити с AlN хексагонална фаза. Степента на кристалност се увеличава с увеличаване на честотата до 40 Hz. Анализът на ъгловата зависимост на честотата на вибрационния A_1LO мод на Al-N връзките показва, че тя зависи от ориентацията на оптичната ос на кристалитите спрямо перпендикуляра към повърхността на Si подложката.

Анализът на електричните характеристики потвърди, че слоевете проявяват типични диелектрични свойства, голяма диелектрична константа и ниска плътност на зарядите в областта на интерфейса AlN-Si ($\sim 10^{11} \text{ cm}^{-2}$), но ниското специфично съпротивление (от порядъка на $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$) води до големи токове на утечки през слоевете, поради наличието на структурни и/или примесни дефекти [20]. Наличието на дефекти в AlN слоеве води до честотна зависимост на диелектричната им константа. Процесът на растеж и микроструктурата им съответстват на високи стойности (22 – 30 GPa) на микротвърдост на PLD AlN в зависимост от технологичните условия [19].

Изследванията потвърждават възможността за синтезиране на тънки слоеве от AlN върху Si подложки с различни структурни характеристики. Въз основа на направените изследвания е предложен нов подход за получаване на нанокристалити в PLD AlN слоеве при значително понижени температури чрез двуетапно отлагане на PLD AlN [21, 22] (Фигура 5).

4. Тунелна проводимост в полупроводникови хетероструктури.

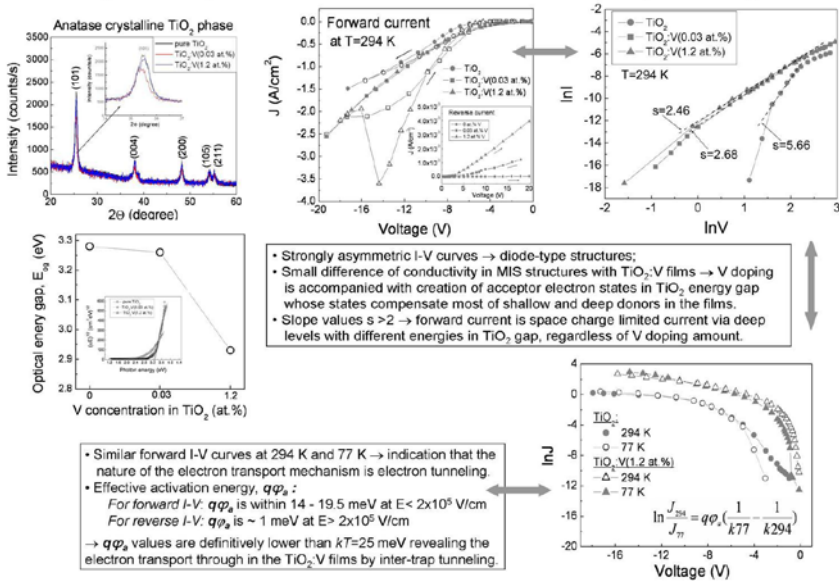
При намаляване на размерите на елементите в интегралните схеми в MIS структури възникват утечки, които силно ограничават възможностите им за практическо приложение. Поради това разкриването на механизмите за пренос на заряд в такива структури е от голямо значение.

Във връзка с това в Лабораторията са изследвани механизмите на проводимост чрез дълбоки нива в различни полупроводникови хетероструктури. На базата на експериментални I-V характеристики, измерени в широк интервал от температури, е развито математическо описание на тока през структурите [23] и експериментално е потвърдена неговата валидност [23 – 28].

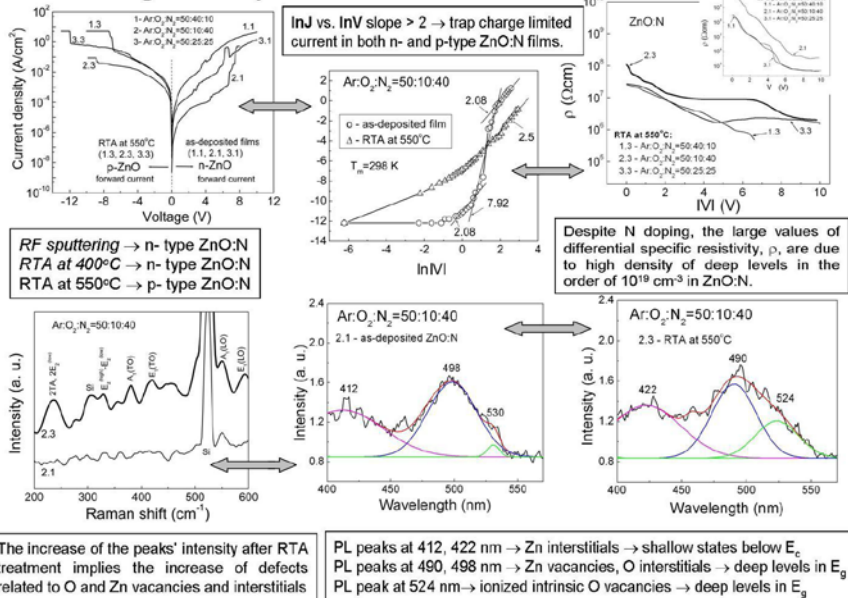
Установено е, че в лазерно отгряти n^+ -Si/p-Si преходи при температури близо до 77 K транспортът на електрически заряди се осъществява с тунелиране чрез дълбоки нива в забранената зона на Si [23]. В имплантирани с водород Au-Si Шотки структури при температури близо до 77 K токът в права посока се дължи на тунелиране чрез дълбоки нива при интерфейса метал-Si [24].

Установено е, че проводимостта в TiO_2 -Si [25, 26], ZnO-Si [27] и AlN-Si [28] MIS структури е от тунелен тип при температури 77 – 300 K, като в режим на акумулация транспортът на заряда е чрез така наречено „*inter-trap*“ тунелиране (Фигура 6).

Charge transport mechanism in Vanadium doped TiO₂ films



RF magnetron sputtered ZnO:N thin films



Фигура 6. Изследване на механизма на проводимост в полупроводникови хетероструктури, формиращи със зол-гел TiO₂ слоеве, легирани с ванадий [25, 26] (горе) и с радиочестотно магнетронно разпръснати слоеве от ZnO, легирани с азот [27] (долу)

Изследвани са и MIS структури с легирани PLD AlN слоеве. Установено е, че токът през легираните с Cr или Si слоеве от AlN се управлява от пространствения заряд на запълнените уловки в слоевете. За AlN:Cr(Si) структури плътността на уловките с големи времеконстанти е от порядъка на $10^{15} - 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, което допринася за наблюдаваното отрицателно диференциално съпротивление [29, 30]. Транспортът на заряд през AlN:Si слоеве се дължи основно на скокова проводимост на електрони от заети към свободни дълбоки нива в забранената зона на AlN [31, 32].

Разгледана е възможността за прилагане на „*side-by-side*“ техника, различна от отдавна прилаганата планарна техника, което позволява съществено да се намали площта на областта на пространствен заряд на диода и така да се повиши съществено граничната честота [33, 34]. Разработена е Шотки-барьера със субмикронна площ за далечната GHz област [33].

5. Получаване и изследване на слоеве от хидрогениран аморфен силиций (a-Si:H)

През последните десетилетия бяха разработени редица MEMS/NEMS на основата на хидрогениран аморфен силиций (a-Si:H). Предимствата на a-Si:H са свързани преди всичко със съвместимостта и лесното интегриране със силициевите електронни прибори и слънчеви елементи. В Лабораторията са проведени изследвания на субмикронни слоеве от a-Si:H, получени чрез плазмено разлагане на силан (PECVD). Определени са неговите структурни, електронни, оптични и механични характеристики [35 – 39], както и техните изменения под въздействие на йонизиращо лъчение [40, 41]. Чрез сравнително изследване на механичните свойства на хидрогениран и нехидрогениран a-Si е установено, че присъствието на водород в силициевата матрица не променя модула на еластичност, но увеличава твърдостта на материала [38, 42]. Обработката на a-Si:H във водородна плазма увеличава значително твърдостта на материала в приповърхностната област. Този резултат представлява интерес като метод за възстановяване на механичната твърдост на повърхността на силиций.

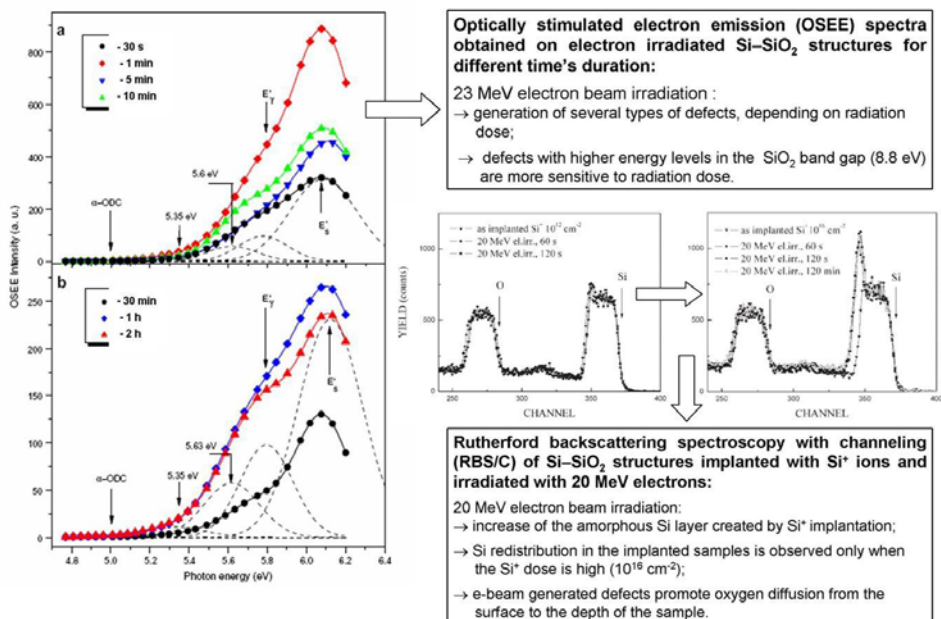
6. Влияние на йонизиращо лъчение върху свойствата на полупроводникови хетероструктури

Разкриване на поведението на радиационно-генерирани дефекти в полупроводникови структури е една от основните задачи за технологиите на микроелектронните прибори. Изследването на взаимодействието на високоенергетични електронни лъчи със съвременните MIS структури с наноразмерни слоеве придобива особена важност. Търсят се начини за увеличаване на радиационната устойчивост на интегралните схеми.

В тази връзка се провеждат изследвания на влиянието на йонизиращо лъчение на високоенергетични електрони върху свойствата на Si-SiO₂ и Шотки структури с цел разработване на технология за повишаване на радиационната им устойчивост. Изследва се взаимодействието на дефекти в Si-SiO₂ структурите с гама лъчи, неутрони, както и имплантацията на йони от различни химически елементи [43 – 49] (Фигура 7). Соня Касчиева проведе първите експерименти по облъчване с високоенергийни (11 – 25 MeV) електрони на произведени у нас силициеви хетероструктури. Облъчванията са извършени на *Microtron* МТ-25 в ОИЯИ. Предложени са нови методи за отгряване на генерираните от радиация дефекти в Si-SiO₂ структури и повишаване на радиационната им устойчивост чрез циклична обработка отгряване/охлаждане след окисление [49, 50].

Основните резултати от проведените изследвания са публикувани и в две монографии [50, 51]. През 2014 г. дисертационният труд на тема „Генериране и отгряване на радиационни дефекти в структури метал-оксид-полупроводник“ на проф. С. Касчиева е издаден и у нас от издателството на БАН „М. Дринов“.

Effect of high-energy (several MeV) electron irradiation on Si-SiO₂ structures



Фигура 7. Резултати от изследвания на влиянието на MeV електрони върху структури Si-SiO₂ [45] и Si-SiO₂ структури, имплантирани с Si⁺ йони [48]

7. Други изследователски дейности на учените от Лабораторията

а) Теоретично изследване на процесите, протичащи в областта на фазовата граница при течнофазна епитаксия

Процесите, протичащи на фазовите граници по време на епитаксия в течна фаза, са изследвани теоретично, като се вземат предвид гладките междуфазови граници [52 – 54]. В рамките на дадените допускания е определено разпределението на компонентите в близост до фазовите граници. Изведено е уравнение за изменението на плътността на частиците с времето. Оценена е ширината на фазовата граница при конкретни стойности на скоростта на растеж 39 и 15 Å/сек, експериментално установени за течнофазова епитаксия на GaAs. Въз основа на експериментални резултати е проверена и потвърдена линейната зависимост на скоростта на израстване от скоростта на понижение на температурата.

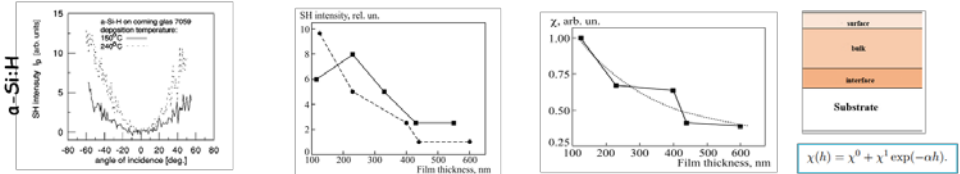
б) Изследване на генерацията на втора хармонична (ГВХ) в тънкослойни структури

Генерацията на втора хармонична е утвърдена нелинейна оптична техника за изследване на среди без инверсна симетрия (центросиметрични среди). Това прави метода на ГВХ чувствителен към наличието на структурни и морфологични изменения и нарушения, повърхности и интерфейси, нановключения и други нехомогенности в центросиметрични кондензирани среди и тънки слоеве, където центросиметрията се нарушава. Изследванията са проведени съвместно с колеги от Института по обща физика, РАН. С цел локализиране на източниците на нелинейност в слоевете, експериментално и теоретично са изследвани зависимостите на спектрите на пропускане и отражение, механичните напрежения и ГВХ в серии образци с различни дебелини. За локализиране на източниците на нелинейност структурите са моделирани като комбинация от слоеве (Фигура 8).

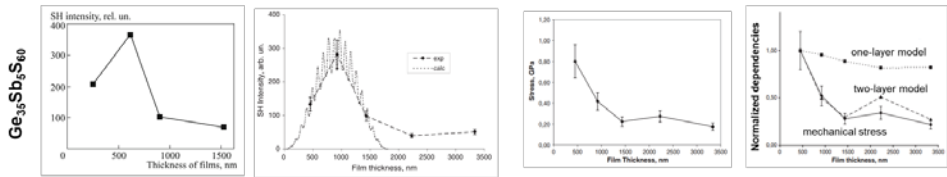
Представени са резултати за слоеве, отложени върху стъклени подложки, а именно хидрогениран аморфен силиций (a-Si:H) и халкогениден слой Ge₃₅Sb₅S₆₀ [36, 55 – 58]. Произходът на ГВХ се свързва с профилите на механичните напрежения в структурите и съответно с характерни структурни елементи. В a-Si:H това са отделни връзки (Si-Si, Si-H, Si-O и така наречените висящи връзки), а в халкогенидните слоеве – пирамидални SbS₃ и тетраедрични GeS₄ елементи.

Generation of SHG in a thin film system

To discriminate between different mechanisms of SHG: dependence on the thin film thickness h_f
 Modeling: to localize the SHG source in different sublayers of the film from study of the correlation of mechanical stress $\sigma(h_f)$ and nonlinear susceptibility $\chi(h_f)$



Origin of the decreased nonlinearity with increasing film thickness due to gradient of stress/ or strain in the film, the permanent part due to the electric quadrupole and magnetic dipole mechanisms, and surface electric dipole contribution



Best agreement between normalized stress curves $\sigma(h_f)$ and $\chi_{311}(h_f)$ obtained for two-layer model with an active stress induced ($\chi_{311} \neq 0$) layer and an inactive ($\chi_{311} = 0$) layer, located at the film–air interface with permanent thickness of 275 nm for all films. Support to the hypothesis of stress origin of the nonlinearities responsible for SHG.

Фигура 8. Резултати от изследвания на генерацията на втора хармонична в тънки слоеве *a-Si:H* и *Ge₃₅Sb₅S₆₀* върху стъклени подложки [36, 55 – 58]

в) Нови многокомпонентни аморфни халкогенидни стъкла и тънки слоеве от *Ge-Sb-S-Te* системи

През последните десетилетия многокомпонентни аморфни халкогенидни стъкла и тънки слоеве на основата на *Ge-Sb(As)-S(Se)* системи представляват голям интерес за модерни опто- и наноелектронни приложения поради прозрачността им във видимата и близката IR област. Малки количества *Te*, добавени към тях, водят до повишаване на фоточувствителността, разширяване на областта на прозрачност на стъклата към по-далечния IR обхват и намаляване на оптичните загуби. В Лабораторията са изследвани тройни и четворни състави халкогенидни стъкла и тънки слоеве съвместно с доц. Веселка Памукчиева от Лаборатория „Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници“, направление „Нанозфизика“ и колеги от Изследователския институт по физика на твърдото тяло и оптика, УАН.

Проведени са изследвания на структурата и оптичните свойства на синтезирани нови четирикомпонентни халкогенидни стъкла и тънки слоеве със състав *Ge_xSb_{40-x}S₅₀Te₁₀* и *Ge_xSb_{40-x}S₅₅Te₅* ($x = 10, 20$ и 27 at.%) и са определени основните им физични параметри [59 – 64]. Стъклата са характеризирани чрез анализ на активиране на бързи гама-лъчи (PGAA) и измервания по неутронна

дифракция (ND) в 10 MW Изследователски реактор в Будапеща [60, 62, 63]. Тънките слоеве, термично изпарени върху аналитични стъкла, са изследвани и с AFM, SE и IR спектроскопия [61, 62, 64]. Показано е, че в аморфните халкогенидни стъкла I-вата координационна сфера е свързана с първите съседи Ge–S и Sb–Te на разстояния 2,3 и 2,8 Å, съответно. От експериментално установените състав и плътност на тези стъкла са определени физичните параметри, а именно плътност, среден атомен обем, компактност, координационно число, кохезивна енергия и топлина на атомизация и др. [59]. Тези параметри добре корелират с мрежообразуваща роля на Ge и/или Te атоми [64].

III. Заключение

Лабораторията „Полупроводникови хетероструктури“ беше градивен елемент в направление „Нанофизика“, ИФТТ – БАН. По време на съществуването ѝ (1989 – 2015) учените от Лабораторията участват активно в съвременните теми в науката и с научните си постижения допринасят за академичното развитие на Института. Оценка и признание за работата на Лабораторията е отражението в международната научна общност чрез продължаващи многобройни цитирания, множество покани за участие в съвместни проекти, конференции и други научни събития.

Официалното прекратяване на съществуването на Лабораторията се дължи на комплексни причини, сред които недалновидна политика по отношение на науката, възпрепятстваща постъпването и задържането на млади учени, предпочели по-доходна работа у нас и в чужбина. След закриването на Лабораторията учените продължават изследванията си като асоциирани членове на ИФТТ, поддържайки работата си с международни екипи в резултат на дългогодишно ползотворно сътрудничество.

Избрани публикации

1. A. Szekeres, S. Alexandrova, Phys. Stat. Solidi A 77 721 (1983).
2. S. Alexandrova, A. Szekeres, Phys. Stat. Solidi A 96 363 (1986).
3. A. Paneva, A. Szekeres, Thin Solid Films 433 (1-2) 367-370 (2003).
4. A. Szekeres, S. Alexandrova, P. Petrik, et al. Appl. Surf. Sci. 281 105–108 (2013).
5. S. Alexandrova, A. Szekeres, E. Valcheva, Physica Status Solidi C 9 2203-2206 (2012).
6. S. Alexandrova, A. Szekeres, E. Valcheva, Bulg. Chemical Commun. B 47 63–70 (2015).
7. A. Szekeres, S. Alexandrova, P. Terziyska, et al., J. Phys.: Conf. Series 1492 012056 (2020).
8. A. Szekeres, S. Simeonov, et al., J. Optoelectronics & Adv. Mater. 7 553-56 (2005).
9. M. Modreanu, M. Gartner, et al., J. Optoelectronics&Adv. Mater. 3 575 – 580 (2001).
10. T. Chevolleau, A. Szekeres, et al. Surface& Coatings Technol. 151-152 281-284 (2002)
11. M. Gartner, A. Szekeres, S. Alexandrova, et al., Appl. Surf. Sci. 258 7195-7201 (2012).
12. A. Szekeres, T. Nikolova, et al., Mater. Sci.&Engineering B 124-125 504-507 (2005).
13. A. Szekeres, T. Nikolova, A. Paneva, I. Lisovsky, et al. Opt. Mater. 30 1115-1120 (2008).

14. A. Szekeres, E. Vlaikova, T. Lohner, P. Petrik, et al., *Vacuum* 84 115-118 (2010).
15. S. Bakalova, A. Szekeres, A. Cziraki, et al., *Appl. Surf. Sci.* 253 8215-8219 (2007).
16. S. Bakalova, A. Szekeres, A. Cziraki, et al., *Nanoscience&Nanotechnology*, Vol. 7, eds. E. Balabanova, I. Dragieva, Heron Press, Sofia, 2007, pp.119-122.
17. S. Bakalova, S. Simeonov, et al. *J. Optoelectronics&Adv. Mater.* 9 323-325 (2007).
18. A. Szekeres, S. Simeonov, et al., *J. Optoelectron.&Adv. Mater.* 12 542-546 (2010).
19. A. Szekeres, Zs. Fogarassy, P. Petrik, et al., *Appl. Surf. Sci.* 257 5370-5374 (2011).
20. L. Kolaklieva, V. Chitanov, A. Szekeres, et al., *Coatings*, 9 195 (2019).
21. L. Duta, G.E. Stan, H. Stroescu, M. Gartner, et al., *Appl. Surf. Sci.* 374 143-150 (2015).
22. Zs. Fogarassy, P. Petrik, L. Duta, I. N. Mihailescu, et al. *Appl. Phys. A* 123 756 (2017).
23. S. Simeonov, I. Yourukov, E. Kafedjiiska, A. Szekeres, *Phys Stat Sol* 201 2966–2979 (2004).
24. A. Gushterov, S. Simeonov, *Vacuum* 76 315–318 (2004).
25. S. Simeonov, I. Minkov, et al. *J. Optoelectron.&Adv. Mater.* 11 1505-1508 (2009).
26. S. Simeonov, A. Szekeres, M. Covei, et al., *Materials Research Bulletin* 127 110854 (2020).
27. S. Simeonov, A. Szekeres, D. Spassov, M. Anastasescu, et al., *Nanomaterials* 12 19 (2022).
28. S. Simeonov, S. Bakalova, et al., *Romanian J. Information Sci.&Technol* 10 251-259 (2007).
29. A. Szekeres, S. Bakalova, S. Grigorescu, et al., *Appl. Surf. Sci.* 255 5271–5274 (2009).
30. I.P Minkov, S. Simeonov, A. Szekeres, et al., *J. Phys.Conf. Series* 253 012036 (2010).
31. S. Simeonov, S. Bakalova, A. Szekeres, et al., *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 70 10102 (2015).
32. I.P. Minkov, S. Simeonov, A. Szekeres, Zs. Fogarassy, et al., *Proceedings Internat. Semiconductor Conf. (CAS) 37th Edition, Session Advanced Materials, 2014*, pp. 103-106
33. N.S. Peev, S.S. Simeonov, et al., *Shottky barrier*, Patent No. 62421, 26.03.1997.
34. N. Peev, *Shottky contact with dimensions less than 0,5 μm²*, *Microelectronics Engineering* 43-44 599-603 (1998).
35. P. Danesh, B. Pantchev, *Appl. Phys. Lett.* 71 431 (1997).
36. S. Alexandrova, P. Danesh, I.A. Maslyanitsy, *Phys. Rev. B* 61 11136 (2000).
37. P. Danesh, B. Pantchev, B. Schmidt, D. Grambole, *Semicond. Sci. Technol.* 19 1422 (2004).
38. B. Pantchev, P. Danesh, J. Wiezorek, *Philosophical Magazine* 90 4027–4039 (2010).
39. P. Danesh, B. Pantchev, J. Wiezorek, et al., *Appl Phys A* 102 131–135 (2011).
40. P. Danesh, B. Pantchev, E. Vlaikova, *Nuclear Inst.&Methods Phys. Res. B* 239 370 (2005).
41. P. Danesh, B. Pantchev, et al., *Nuclear Inst.&Methods Phys. Res. B* 268 2660–2665 (2010).
42. P. Danesh, B. Pantchev, J. Wiezorek, et al., *Appl Phys A* 102 131–135 (2011).
43. S. Kaschieva, Zh.Todorova, S.N. Dmitriev, *Vacuum* 76 307 (2004).
44. S. Kaschieva, E. Halova, E. Vlaikova, et al., *Plasma Process.&Polym.* 3 237-240 (2006).
45. A.F. Zatsepin, S. Kaschieva, et al., *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. B* 2665027–5031 (2008).
46. S. Kaschieva, S.N. Dmitriev, Hr. Angelov, *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. B* 206 452 (2003).
47. S. Kaschieva, L. Rebohle, W. Skorupa, *Appl.Phys. A* 76 823 (2003).
48. S. Kaschieva, Ch. Angelov, S.N. Dmitriev, et al., *Plasma Process.&Polym.* 3 233-236 (2006).
49. A.F. Zatsepin, S. Kaschieva, D.Yu. Biryukov, et al., *Technical Physics* 54 323-326 (2009).
50. S. Kaschieva, S.N. Dmitriev, *Monograph: Radiation Defects in Ion Implanted and/or High-energy Irradiated MOS Structures*, Nova Science Publishers Inc, New York, 2010.
51. S. Kaschieva, S.N. Dmitriev, *Monograph: MeV Electron Irradiation of Si heterostructures*, Scholars Press, Berlin (2019)
52. N.S. Peev, *Phys. Scr.* 80 065305 (2009) and 82 025302 (2010).
53. N.S. Peev, *Cryst. Res. Technol.* 45 593-599 (2010).
54. N. Peev, *Bulgarian J. Phys.* 40 214-218 (2014).

55. S. Alexandrova, P. Danesh, I.A. Maslyanitsyn, Vacuum 69 391 (2003).
56. S. Alexandrova, I.A. Maslyanitsyn, V.D. Shigorin, Phys. Wave Phenom. 16 167 (2008).
57. S. Alexandrova, I.A. Maslyanitsyn, et al., Phys. Wave Phenom. 19 161 (2011).
58. S. Alexandrova, K. Christova, I. Miloushev, et al., J. Non-Cryst. Solids 389 17 (2014).
59. V. Pamukchieva, A. Szekeres, et al., J. Non-Crystalline Solids 355 2485-2490 (2009).
60. V. Pamukchieva, A. Szekeres, K. Todorova, et.al., Opt. Mater. 32 45-48 (2009).
61. V. Pamukchieva, K. Todorova, O.C Mocioiu, et al., J. Phys. Conf. Series 356 012047 (2012).
62. V. Pamukchieva, A. Szekeres, M. Fabian, et al., J. Phys.: Conf. Series 113 012054 (2008).
63. M. Fábíán, E. Sváb, V. Pamukchieva, et al., J. Phys.&Chem. Solids, 74 1355-1362 (2013).
64. M. Anastasescu, M. Gartner, A. Szekeres, V. Pamukchieva, Micron 591-7 (2014).

**LABORATORY OF SEMICONDUCTOR HETEROSTRUCTURES
AT ISSP – BAS: THE HISTORY OF AN ACADEMIC UNIT
Part II**

Anna Szekeres, Sashka Alexandrova

The article, consisting of two parts, presents a brief overview of the scientific activity of the Laboratory „Semiconductor Heterostructures“ during the period of its existence and even after it till the present day. In the previous issue, the first part introduced to the reader the historical background and development of the Laboratory and activities, such as project works, collaborations, scientific articles and awards. In this second part, a brief description of the main research topics is given, and the more important scientific results of the conducted research are supported by graphical abstracts and relevant citations of the selected publications.

The article is dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Solid State Physics.



ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ
wop.phys.uni-sofia.bg

ЗНАЯТ ЛИ ИЗВЪНЗЕМНИТЕ ЗА НАС? Уникалният експеримент на Карл Сейгън

Сашка Александрова

Възможността за живот извън Земята не е нова концепция. В продължение на много векове хората се вълнуват от въпроса дали сме сами в Космоса. Още древните цивилизации са търсили в нощното небе признаци на интелигентен живот. Епикур, известен гръцки мислител от четвърти век пр.н.е., пише: „Има безкраен брой светове, някои подобни, други различни от нашия свят... Трябва да вярваме, че във всички светове има животни и растения, такива, каквито ние познаваме в нашия свят“. Според Метродор, гръцки философ от същата епоха, „да се смята Земята за единствения населен свят в безкрайното пространство е също толкова абсурдно, колкото да се твърди, че само едно семе в цяла нива, засята с просо, ще поникне“.

И в наше време темата е много вълнуваща за хората. Идеята за интелигентен живот на други планети е завладяла нашето въображение и е тема на сюжети от научнофантастични романи до блокбастъри. Те описват невероятни светове, населени с разумни същества, притежаващи фантастични технологии. Досега са продуцирани стотици игрални филми и телевизионни сериали, които се радват на небивал интерес. Сред най-известните са: „Война на световите“ (*War of the Worlds*), „Стар Трек“ (*Star Trek*), „Извънземното“ (*E.T. – The Extra-Terrestrial*), „Досиетата X“ (*The X-Files*), „Междузвездни войни“ (*Star Wars*).

През годините това очарование се превръща в научна цел и има няколко проекта, които да търсят признаци на живот извън нашата планета. Едва през XX век обаче технологията позволи на хората да изследват отвъд земната атмосфера и наистина да започнат търсенето на извънземен живот.

През 70-те и 80-те години на XX в. повечето учени все още смятат, че екзопланетите са рядкост. Екзопланета е небесно тяло извън нашата Слънчева система, което обикаля около звезда като нашето слънце. Днес вече са открити около 5500 такива планети. Ако приемем, че огромното множество от около 100 милиарда слънца в нашата родна галактика са придружени от планети, и ако добавим други галактики от необятността на Вселената, броят на

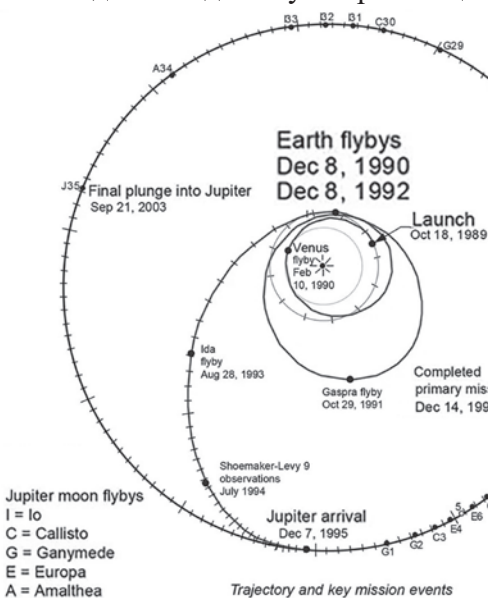


Плакат на един от филмите от „Междузвездни войни“, филмовата космическа сага на американския режисьор Джордж Лукас

възможните екзопланети се увеличава неимоверно. Само малка част от тях, обаче, вероятно ще бъдат подходящи като място за живот. Основен фактор е разстоянието до съответното слънце. В нашата Слънчева система Земята е разположена оптимално. Това се основава на предположението, че извънземният живот функционира по начин, подобен на този тук на Земята – че става дума за организми с метаболизъм, който освен всичко друго се нуждае от вода. Например находките на метан се считат за показателни, защото той може да бъде остатък от биологични процеси. Изследователите говорят за т.нар. биосигнатура.

Преди 30 години астрономът Карл Сейгън* лансира новаторска идея: да търсим живот на единствената планета, където сме сигурни, че го има – Земята от извънземна перспектива, и по този начин да се научим как да търсим признаци на живот в други светове. Той предлага за целта да се използва космическият кораб на НАСА „Галилео“, който е изстрелян през октомври 1989 г. със задачата да достигне Юпитер. Възможността произтича от трагична злополука. Почти четири години преди изстрелването на Галилео, през януари 1986 г., космическата совалка „Чалънджър“ експлодира малко след излитането, при което загинаха 7 астронавти. Тогава НАСА отменя първоначалните си планове си да изпрати „Галилео“ по прекия път към Юпитер, с помощта на ракета с течно гориво на борда на друга космическа совалка. Вместо това корабът е изстрелян по-внимателно от совалка на орбита „Атлантис“, като я насочват да обиколи Венера и Земята за да може да получи гравитационно ускорение, което да го катапултира към Юпитер. На 8 декември 1990 г. „Галилео“ трябва да премине покрай Земята, само на 960 km над повърхността. Това е невероятна възможност да се провери как от един космически кораб може да се търси живот на Земята. Сейгън успява да уговори НАСА да насочи инструментите на „Галилео“ към нашата планета. Какво ще открие космически кораб е особено важно, след като знаем отговора.

„Ние сме в уникална позиция да знаем, че животът



Траекторията на „Галилео“

съществува на Земята. Да използваме собствения си дом, за да проверим дали можем да разпознаем това от разстояние, беше изключително предложение по онова време, когато толкова малко се знаеше за средата, в която животът може да съществува“, казва Дейвид Гринспуун (*David Grinspoon*), старши учен по астробиологична стратегия в централата на НАСА във Вашингтон. „Нека си представим, че виждаме Земята за първи път“.

„Галилео“ е бил оборудван с различни прибори, предназначени да изучават атмосферата и космическата среда на Юпитер и неговите луни. Те включват камери за изображения, спектрометър в близката инфрачервена област (*NIMS – near-infrared mapping spectrometer*), спектрометър в ултравиолетовата област (*UVS – ultra-violet spectrometer*), твърдотелна система за визуализация (*SSI – solid-state imaging system*) и плазменновълнов спектрометър (*PWS – plasma wave spectrometer*).

С помощта на NIMS е открита вода в газообразно състояние, разпределена по цялата земна атмосфера, лед на полюсите и големи пространства от течна вода „с океански размери“. Той също така регистрира температури, вариращи от -30°C до $+18^{\circ}\text{C}$. Откритата вода в трите ѝ фази и водна климатична система са само необходими условия, но все още не представят доказателство за развитието на живот.

Други индикации също са откритите от NIMS твърде високи концентрации на кислород и метан в земната атмосфера. И двете съединения са силно реактивни газове, които биха реагирали бързо с други химикали и биха се разсеяли за кратък период от време. Единствената възможност такива концентрации на тези видове да бъдат поддържани е, ако те непрекъснато се допълват по някакъв начин. Други инструменти на космическия кораб откриха наличието на озонов слой, предпазващ повърхността от вредното UV лъчение от Слънцето. Всички тези факти отново предполагат подходящи условия, но не доказват наличието на живот.

Можем да предположим, че получаването на изображения чрез камера би било достатъчно за откриване на живот. Но изображенията показват океани, пустини, облаци, лед и по-тъмни региони в Южна Америка, за които предварителните ни знания показват, че това са тропически гори. Въпреки това, от по-обстойни спектрометрични данни беше установено, че има ясно поглъщане на червена светлина, което е силна индикация, че светлината се абсорбира от



Модел на „Галилео“
<https://www.jpl.nasa.gov/missions/galileo>

фотосинтезиращ растителен живот. Не са известни минерали, които да поглъщат светлина точно по този начин.

Геометрията на прелитането позволява да се получат изображения с най-висока разделителна способност на пустините в централна Австралия и ледените покривки на Антарктика. Те обаче не показват никакви признаци на цивилизация, не се виждат градове или ясни примери за селско стопанство. Най-близкото разстояние, на което космическият кораб прелита покрай планетата се пада през деня, така че светлините от градовете през нощта също не се виждат.

По-голям интерес обаче представлява радио експериментът на „Галилей“ с PWS. Космосът е пълен с естествени радиоизлъчвания, но повечето от тях са широколентови. Това означава, че излъчването от даден естествен източник се появява на много честоти. Изкуствените радиоизточници, напротив, емитират в тясна лента: пример от ежедневието е настройката на аналогово радио, за намиране на станция сред шума.

В експеримента се предполага да се използва фактът, че наземната телевизия и радиопредаване ще генерират нетермичен спектър на радиоизлъчване, достатъчно силен и специфичен, че да означава наличието на интелигентен живот. Такива сигнали могат да се регистрират на честоти над критичната плазмена честота на йоносферата не само на междупланетни, но и на междузвездни разстояния.

Точно това се случва – по време на прелитането на *Galileo* PWS открива постоянно теснолентово излъчване от Земята на радиосигнали с фиксирани честоти, вероятно излизащи през нощната йоносфера от наземни радиопредаватели. Сигналите при определени честоти остават постоянни в продължение на часове, което е доказателство за изкуствен произход. Естествените източници показват дрейф на честотата с времето. Още един силен аргумент е наблюдаването на импулсна модулация на амплитудата, което означава предаване на информация. Параметрите на PWS не са позволили да се направи демодулация, т.е. информацията не е била прочетена, но модулация не се наблюдава при сигнали с естествен произход. Ако тази история се развива през XX век, извънземните наблюдатели можеха да заключат, че сигналите идват от технологично развита цивилизация. При такъв експеримент обаче, проведен по което и да е време от няколко милиарда години до преди XX век, те изобщо нямаше да видят сигурни доказателства за цивилизация на Земята.

Резултатите са публикувани като статия в *Nature* преди 30 години със заглавие „Търсене на живот на Земята от космическия кораб „Галилео 1“.

Сега е трудно да си представим как резултатите са приети от изследователите на космоса. Експериментът придобива ново значение в периода след прелитането на „Галилео“. През 1990 г. не са известни планети, обикалящи

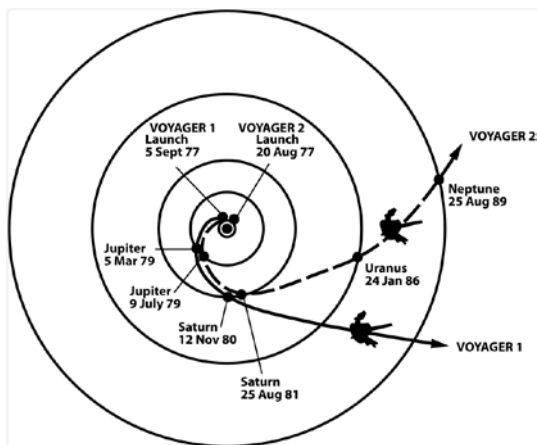
около звезди, различни от Слънцето. Минават още две години, преди астрономите окончателно да оповестят за първата открита екзопланета, обикаляща около въртяща се мъртва звезда, известна като пулсар, и още три години, преди да открият първата екзопланета, обикаляща около подобна на Слънцето звезда, *51 Pegasi*. Понастоящем са намерени повече от 5500 екзопланети, но малко от тях приличат на планетите в Слънчевата система. Те варират от суперземи с причудлива геология и „Мининептуни“ с газова атмосфера, до „горещи Юпитери“, огромни планети, които се въртят близо до пламтящите си звезди. В атмосферата на някои планети дори беше установено наличие на вода. Експериментът на Сейгън ни напомня, че това не е достатъчно само по себе си.

Карл Зимелис (*Karl Ziemelis*), сега главен редактор по физични науки в *Nature*, тогава едва започнал работа в списанието, отговаря за статията като редактор. Той казва, че тази статия остава една от любимите му, но и една от най-трудните за приемане за публикуване. Редакционното одобрение за статията съвсем не е единодушно, тъй като очевидно не описва нещо ново. Нали всички знаем, че на Земята има развита цивилизация. Но според Зимелис не това е важното. Статията представя невероятно мощен контролен експеримент, но по тема, която за много хора по това време не изглежда важна и не е на дневен ред.

Експериментът на Сейгън и колегите му всъщност изиграва много специална роля, променяйки начина, по който учените се отнасят към търсенето на живот на други планети. Те определят научна рамка за търсене на признаци на живот в други светове. Съществуването на живот трябва да бъде, според казаното в статията, „хипотеза от последна инстанция“ за обяснение на наблюдавани необичайни явления на друга планета.

Статията им е пример за научно изследване, когато не се излиза с отнапред предпочитана хипотеза. В случая животът е последното, а не първото заключение, което трябва да се направи, когато са намерени необичайни факти на друга планета. Лиза Калтенегер (*Lisa Kaltenegger*), астробиолог, която ръководи Института „Карл Сейгън“ в Университета Корнел в Итака, Ню Йорк (*Carl Sagan Institute at Cornell University in Ithaca, New York*) все още дава статията на Сейгън на студентите си, за да им покаже как се прави научно изследване. „*Животът е последното, а не първото заключение, което трябва да направите, когато видите нещо необичайно на друга планета*“, казва им тя. Извънредните твърдения изискват извънредни доказателства.

През същата година, когато „Галилео“ наблюдава Земята, Сейгън убеждава НАСА да насочи камерите на друг космически кораб към Земята, нещо, което агенцията не е планирала. Това е „Вояджър 1“, космическият кораб,



Траекториите на „Вояджър 1“ и „Вояджър 2“

Те бяха изстреляни през 1977 г., за да се възползват от благоприятното подреждане на двата газови гиганта Юпитер и Сатурн и ледените гиганти Уран и Нептун за обиколка около тях

част от поредицата снимки на семеен портрет (*Family Portrait*) от този ден на Слънчевата система. На снимката видимият размер на Земята е по-малък от пиксел. Планетата изглежда като малка точка на фона на необятното пространство сред ивици слънчева светлина, отразени от камерата. Това емблематично изображение вдъхновява Карл Сейгън да размишлява в книгата си от 1994 г. „Бледа синя точка“: „Това е тук. Това е дом. Това сме ние“. Този крехък блестящ пиксел промени начина, по който човечеството си представя мястото си в Космоса.

През годините НАСА показва снимката многократно, когато се навършват годишнини от заснемането ѝ, като представя актуализирани версии, подобрявайки нейната яснота и детайлност.

Какво стана с корабите „Галилео“

изстрелян през 1977 г. с първоначалната цел да изучава външната част на Слънчевата система. След като изпълнява основната си мисия и е на път да излезе от Слънчевата система, е взето решение, отчасти поради предложението на Сейгън, камерите да бъдат обърнати и да бъде заснето последно изображение на Земята. Докато корабът преминава покрай Нептун на излизане от Слънчевата система, камерите, обърнати обратно към Земята, заснемат малко петънце, блестящо на слънчев лъч. Така се появи *Pale Blue Dot*, снимка на Земята, направена на 14 февруари 1990 г. от космическия кораб „Вояджър 1“ от безпрецедентното разстояние от приблизително 6 млрд. километра, като

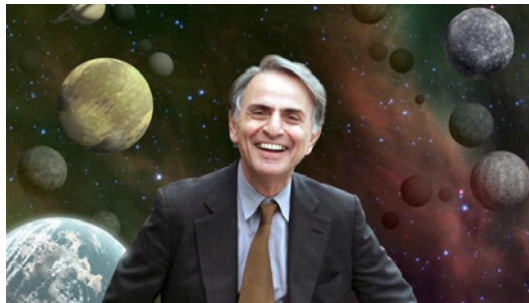


Pale Blue Dot, актуализирана снимка, публикувана по случай 30 години от заснемането ѝ

<https://science.nasa.gov/resource/voyager-1s-pale-blue-dot/>

и „Вояджър“? Когато космическият кораб „Галилео“ навлезе в смазващата атмосфера на Юпитер на 21 септември 2003 г., той беше умишлено унищожен, за да предотврати евентуално биологично замърсяване на възможен океан под ледената кора на луната Европа. През август 2012 г. „Вояджър 1“ навлезе в междузвездното пространство. Сега това е най-отдалеченият обект, създаден от човека. Към 2023 г. „Вояджърите“ все още работят отвъд външната граница на хелиосферата в междузвездното пространство. Те събират и предават полезни данни на Земята. „Вояджър 1“ ще остане в пределите на Слънчевата система, докато не излезе от облака на Оорт след още 14 000 до 28 000 години.

*Един от пионерите в търсенето на извънземен живот е Карл Сейгън (*Carl Edward Sagan*), американски астроном, планетолог, космолог, астрофизик, астробиолог, писател и популяризатор на науката. Той вярва, че трябва да има друг интелигентен живот във Вселената и че нашата работа е да го открием. Популяризира идеята за търсене на извънземен разум извън нашата Слънчева система и помага за разработването на програмата за търсене на извънземен разум SETI (*Search for extraterrestrial intelligence*), която използва авангардни технологии за търсене на сигнали от други интелигентни цивилизации.



Карл Сейгън изиграва водеща роля в космическата програма на САЩ. Изтъкнатият планетарен учен е бил консултант и съветник на НАСА от 50-те години на миналия век. Той участва в подготовката на астронавтите на „Аполо“ преди полета им до Луната.

В ролята си на гостуващ учен в Лабораторията за реактивни двигатели (*Jet Propulsion Laboratory*), Сейгън подпомага проектирането и управлението на мисиите „Маринър 2“ (*Mariner 2*) до Венера; пътуванията на „Маринър 9“ (*Mariner 9*), „Викинг 1“ (*Viking 1*) и „Викинг 2“ (*Viking 2*) до Марс; мисиите „Вояджър 1“ и „Вояджър 2“ до външната Слънчева система и мисията „Галилео“ до Юпитер.

Сейгън също е член на екипа за изображения на „Вояджър“. През 1981 г. той има първоначалната идея да използва камерите на един от двата космически кораба „Вояджър“, за да заснеме Земята. Осъзнава, че тъй като космическият кораб е толкова далеч, изображенията едва ли ще показват много. Точно поради тази причина Сейгън

и други членове на екипа на „Вояджър“ смятат, че изображенията са нужни – те искат човечеството да види уязвимостта на Земята и че нашият роден свят е само малка, крехка пращинка в безбрежния космически океан.

Много от книгите на Карл Сейгън са издадени на български, като „Бледа синя точица“, „Свят, населен с демони“, „Контакт“, „Демони в райската градина“, „Космос“ и др.

Литература

Carl Sagan, W. Reid Thompson, Robert Carlson, Donald Gurnett & Charles Hord, Nature, 365, 715–721 (1993)

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/057/28057402.pdf

<https://theconversation.com/carl-sagan-detected-life-on-earth-30-years-ago-heres-how-his-experiment-is-helping-us-search-for-alien-species-today-216037>

<https://www.gutenachrichten.org/zeitschrift/gibt-es-leben-im-all-2/>

<https://www.tomorrow.bio/de/post/astrobiologie-auf-der-suche-nach-leben-im-sonnensystem-2023-06-4603015575-space>

<https://www.tagesspiegel.de/wissen/die-suche-nach-dem-anderen-leben-aliens-bitte-melden-9913316.html>

DO ALIENS KNOW ABOUT US? Carl Sagan's Unique Experiment

Sashka Alexandrova

NASA's Galileo spacecraft, which was launched in October 1989 and was the first to orbit Jupiter, was due to skim past Earth on 8 December 1990, just 960 kilometers above the surface. The astronomer and planetary scientist Karl Sagan convinced NASA into pointing the spacecraft's instruments at our planet playing the role of an alien spacecraft looking for intelligent life on Earth. The study detected liquid water and a water weather system, high concentrations of oxygen and methane in Earth's atmosphere, all of which are required, but not sufficient for the existence of life. During the Galileo fly-by, radio signals were detected, plausibly escaping through the nighttime ionosphere from ground-based radio transmitters. Of all Galileo scientific measurements, these signals provide the only indication of intelligent, technological life on Earth. Through the experiment, Sagan and his colleagues created a scientific framework for the search of signs of life on other planets.

НАЦИОНАЛЕН ФОРУМ ЗА СЪВРЕМЕННИ КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ – IV

Юлия Мутафчиева

Националният форум за съвременни космически изследвания (НаФСКИ), организиран от клон „Космос“ към Съюза на физиците в България, представлява своеобразна платформа за дискусии между български изследователи, студенти и докторанти, от една страна, и бизнеса и образованието – от друга. Тази година се проведе неговото четвърто издание (НаФСКИ-IV), което беше организирано в два дни – на 19 и 20 октомври 2023 г. в зала *The Venue* на Инкубатора в София Тех Парк. Сбитият във времето формат целеше по-добро смесване на представителите на индустриалната, академичната и образователната общности, към които е адресирано събитието, което да стимулира контакти и да създаде предпоставки за бъдещи взаимодействия между тях. Форумът беше проведен под патронажа на Министерството на иновациите и растежа с финансовата подкрепа на компаниите *EnduroSat* и *Space Fluent*. Участие взеха 65 студенти, учени, университетски преподаватели, учители, представители на бизнеса и на администрацията.

Програмата на събитието беше разделена на 9 тематични сегмента, които бяха представени в рамките на двата дни. Тазгодишният форум беше открит с кратко представяне от организационния комитет и с приветствено слово от проф. д-р Георги Ангелов – заместник-министър на иновациите и растежа. След това думата имаха основателят и изпълнителен директор на *EnduroSat* – Райчо Райчев, и съоснователят на *Space Fluent* – Симеон Иванов. В първия тематичен сегмент бяха изнесени доклади, свързани с възможностите за финансиране на космически изследвания, от Микеле Иапаоло (*Michele Iapalo*) (Европейска космическа агенция) и Стела Ткачова (*Stela Tkatchova*) (Европейски съвет по иновациите). Пространно интервю с д-р Ткачова за дейността на ЕИС може да намерите в предишния брой на СФ. Програмата продължи със сегменти, свързани с подготовката и качването на полезен товар в орбита, като с доклади се включиха както представители на бизнеса в космическия сектор в България, така и студенти и докторанти. В следващия сегмент бяха представени основите на екзопланетната астрономия и новини за последните постижения на българския екип от СУ „Св. Кл. Охридски“, работещ по проекта EXO-RESTART. Първият ден завърши със сегмент, посветен на дейности и проекти, целящи популяризиране на образованието и науката, свързани с космоса, като подготовката на ученици за олимпиадата по астрономия и проектът SpaceEdu4BG.

Вторият ден започна със сегмент, посветен на наблюденията на Земята от космоса от учени, докторанти и представители на бизнеса в България. В следващия сегмент традиционно бяха представени проектът STELLAR и изграждането на радиотелескопа LOFAR-BG, както и дейности за развитието на слънчево-земната физика в Института по астрономия – БАН. Денят продължи с представянето на дейностите по търсенето на тъмна материя и изучаването на черните дупки от студенти, докторанти и учени във Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“. Форумът завърши със сегмент, посветен на изследването на космичните лъчи и ядрената астрофизика от докторанти, учени и представители на бизнеса.

Материалите от научните сесии ще бъдат публикувани за трети пореден път в престижното списание *Journal of Physics: Conference Series*, издавано от *Institute of Physics*, което е от особена важност за израстването на младите колеги, но и за популяризирането на провежданите в България изследвания.

Традиционно, форумът премина в приятелска атмосфера при нарастващ интерес от страна на компании и научни организации. След първото издание, проведено в пандемична обстановка през 2020 г., и второто и третото хибридни издания, наблюдаваме увеличение на посетителите в зала, което позволява изпълнението на една от основните цели на Форума, а именно да създаде предпоставки за взаимодействие между представители на администрацията, различни бизнеси и академичната общност. Това ни дава основание да вярваме, че България наистина има нужда от подобно събитие и с нетърпение очакваме следващото издание през октомври 2024.

Повече информация е публикувана на сайта на събитието:
<https://bulgarianspace.online/nafski2023>

Рубриката се списва със съдействието на клон „Космос“ към СФБ.

Национален форум за съвременни космически изследвания - 2023



Под патронажа на МИР

- Бизнес
- Наука
- Образование



SpaceFluent

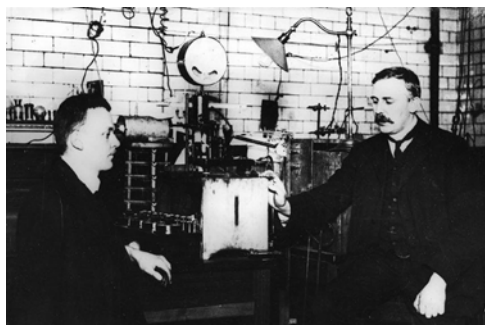


110 ГОДИНИ ОТ ОТКРИТИЕТО НА ЗАКОНА НА МОЗЛИ

Димана Григорова, Стефан Лалковски

През 2023 г. се навършиха 110 години от откриването на закона на Мозли, който задава връзката между честотата на излъчваните рентгенови лъчи и атомния номер на химичните елементи.

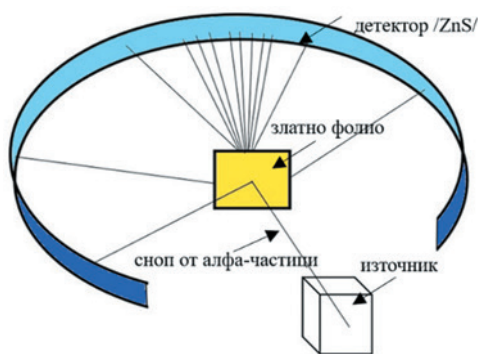
В началото на 20. век се провеждат множество експерименти, чиито резултати полагат основите на атомната и ядрената физика.



Фигура 1. Ханс Гайгер и Ърнест Ръдърфорд, Източник: Wikipedia

През 1910 г. Ърнест Ръдърфорд, Ханс Гайгер и Ърнест Марсдън провеждат серия от експерименти, изследващи разсейването на алфа-частици при бомбардиране на златно фолио. Те забелязват, че повечето частици преминават през мишената без съществено разсейване. При една малка част от тях обаче има необяснимо голямо отклонение спрямо първоначалната посоката на снопа, което не може да бъде обяснено с приетите теории за същността на атома.

Експерименталните наблюдения доказват невалидността на атомния модел на Томсън, според който отрицателно заредените електрони са разпръснати в положително заредено вещество, и налагат необходимостта от промяна на съществуващите представи за атомния строеж, така че да бъдат съвместими с новите емпирични знания.



Фигура 2. Схема на експеримент на разсейване на алфа-частици

Основавайки се на проведените експерименти, Ръдърфорд създава модел, според който атомът се състои от ядро с положителен заряд и кръжащи около него електрони, по подобие на модела на Слънчевата система. Той предполага, че съществува зависимост между химичните свойства на веществата и заряда на ядрото. Основните параметри, характеризиращи атомите на даден химичен елемент, са масовото число A и зарядът на ядрото Z .

Противно на хипотезата на Ръдърфорд, в научната общност до този момент се считало за общоприето, че химичните свойства на веществото се определят от неговата маса, при което периодичната система на химичните елементи била подредена по нарастване на масовите числа. Този подход, обаче, води до погрешно позициониране на някои от химичните елементи, а следователно и до погрешни предположения за химичните им свойства. Във въпросната периодична система позициите на елементите калий и аргон, например, са разменени. При това калият погрешно попада в групата на инертните газове, а аргонът – в групата на най-реактивните елементи. Освен проблемите, свързани със свойствата на някои от химичните елементи, подредбата по маси прави невъзможно обяснението на наблюдаваните оптични спектри на атомите.

Тези несъответствия са разрешени през 1913 година от Хенри Мозли с откритие, което задава връзката между честотата на характеристичното рентгеново лъчение и заряда на ядрото на елементите.

Характеристичното лъчение е вид рентгеново лъчение, което се дължи на излъчване на електрони от вътрешните слоеве на електронната обвивка. Ваканции във вътрешните слоеве на атомната обвивка може да се получат при взаимодействие на атома със заредени частици или с високоенергетично електромагнитно лъчение.

В експериментите си Мозли използва евакуиран стъклен балон, в който са въведени анод и катод. Излъчените от катода електрони се ускоряват в електричното поле и бомбардират анода. Изследват се аноди, изработени от различни вещества. Използваните рентгенови апарати са повлияни от приборите на Уилям Хенри Браг и Уилям Лорънс Браг, като на Мозли често се налага да направи технически нововъведения за целите на своето изследване. Интересно е да се отбележи също, че, за да се създадат ваканции във вътрешните слоеве на атомите, кинетичната енергия на електроните трябва да е по-голяма от енергията на връзката на електроните от съответния слой. Тя (кинетичната енергия на електроните от снопа)



Фигура 3. Хенри Мозли, 1910 г.,
(източник: Wikipedia)



Фигура 4. Рентгенова тръба,
използвана в експериментите
на Мозли (източник: Wikipedia)

зависи от приложеното между двата електрода напрежение.

Получената ваканция се запълва от електрон на по-високо ниво, при което се освобождава енергия под формата на характеристични рентгенови лъчи. По този начин ваканцията се премества в по-горен слой и процесът се повтаря до излъчването на целия характеристичен спектър на елемента. Наблюдават се два вида лъчение – меки и твърди рентгенови лъчи. Съответните спектрални линии се наричат K- и L-линии, като наименованието се определя от крайното състояние на електромагнитния преход, или състоянието в което първоначално е породена ваканцията. В зависимост от това дали ваканцията ще се премести в съседния или в по-горен слой, линиите се означават с α и β .

Мозли решава да изследва евентуалната взаимовръзка на честотата на характеристичните лъчи със свойствата на елементите. Той измерва дължината λ на K_α -рентгеновите лъчи и открива зависимостта

$$\sqrt{\frac{4}{3R\lambda}} = Z - 1,$$

където R е константата на Ридберг. Вълновото число се определя от израза

$$\frac{1}{\lambda} K_\alpha = \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) Z^2 R.$$

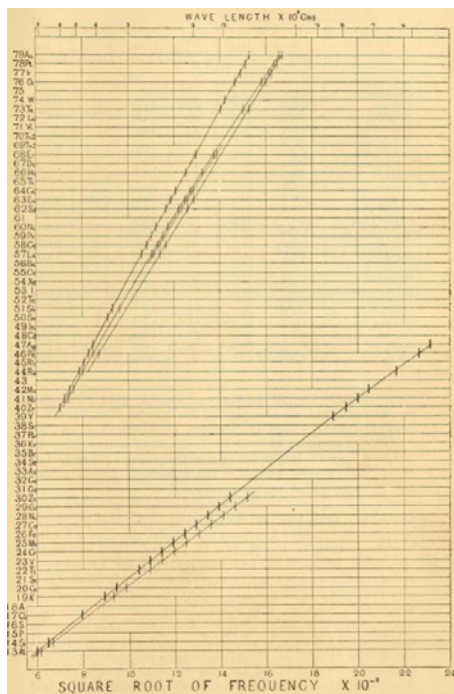
Известна е формулата, описваща спектралните линии на водорода

$$E_K = E_R(Z - 1)^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right),$$

където E_K е енергията на K_α -лъчите. Следователно зависимостта на енергията и честотата от атомния номер може да се опише с изразите

$$\sqrt{E_K} \sim Z - 1 \text{ и } \sqrt{\nu} \sim Z - 1.$$

Есенцията на откритието на Мозли най-добре се обобщава със собствените му думи: „Имаме доказателство, че атомът се характеризира с фундаментална величина, която се увеличава равномерно при преминаването от един елемент към друг. Тази величина може да бъде само зарядът на централното



Фигура 5. Графика, изработена от Мозли, показваща зависимостта на атомния номер от честотата на излъчените рентгенови лъчи (източник: Wikipedia)

положително ядро, за чието съществуване вече имаме категорично доказателство“. Мозли прогнозира още: „Това (корелацията на енергията на характеристичното лъчение със Z) може дори да доведе до откриването на липсващи елементи, тъй като ще бъде възможно да се предвиди позицията на техните характерни линии ...“.

Откритието води до закономерното пренареждане на периодичната система – не според атомната маса, а според заряда на ядрото. Любопитен факт е, че в новия си вид периодичната система явно разкрива отсъствието на елементи с определени атомни номера: $Z = 43$ (Tc) и $Z = 61$ (Pm) – техногенни елементи, които не съществуват в природата.

Съгласно очакванията на Мозли, само в рамките на три десетилетия са открити елементите хафний, технеций, прометий, рений. Множество елементи от фундаментално значение за развитието на науката и технологиите променят позицията си в Менделеевата таблица, което дава правилно описание на химичните им свойства.

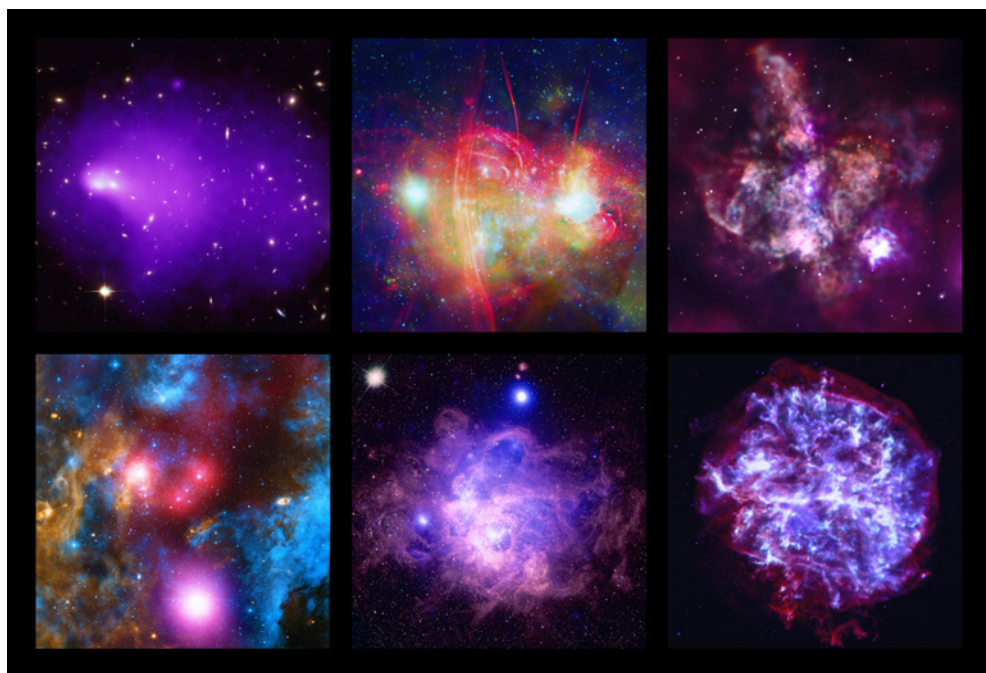
Днес, 110 години по-късно, законът на Мозли се използва широко в различни области. Един от неdestructивните методи за анализиране на химичния състав на образци е рентгено-флуоресцентния анализ (РФА), който се базира именно на закона на Мозли. РФА се използва широко в геофизични и археологични изследвания за изследване на структурата на метали, керамики и стъкла, в криминологията и при изучаване на произведения на изкуството. Благодарение на характеристичното рентгеново лъчение, днес ние изучаваме строежа и динамиката на масивните звезди, а рентгеновата астрономия е един от най-младите и най-бързо развиващи се дялове на астрономията.



Фигура 6. Обсерватория „Чандра“ (Източник: NASA)

Пример за това е рентгеновата обсерватория „Чандра“, изстреляна от НАСА през 1999 г. Телескопът е специално проектиран за откриване на рентгенови емисии от много горещи области на Вселената, като експлодирани звезди,

галактически клъстери и материя около черни дупки. „Чандра“ носи четири двойки чувствителни иридиеви огледала, които се позиционират почти успоредно на постъпващите рентгенови лъчи. Рентгеновите лъчи се отразяват в огледалата и се фокусират върху детектори, разположени в края на 9,2-метров оптичен стенд.



Фигура 7. Изображения, създадени с данни от „Чандра“ (източник: NASA)

В зависимост от вида на използвания детектор, може да се създадат много детайлни изображения или спектри на космическия източник. „Чандра“ се характеризира с безпрецедентна разделителна способност в енергийния диапазон 0,07-10 keV. Това прави възможно изследването на източниците на детектираните лъчи, както и определянето на температурата, плътността и състава на плазмени облаци в Космоса. Някои от забележителните достижения на мисията са изработката на изображения на останки от експлодирани звезди и на спектри, които предоставят информация за разпръснатите след експлозията елементи. Освен това „Чандра“ е използвана за търсене и наблюдение на черни дупки.

Мозли прави откритието си едва на 26-годишна възраст. Една година по-късно е призован на военна служба и участва в сраженията на Антантата с Османската империя. Загива на 10 август 1915 година в битката при Галиполи.

Смъртта на Мозли безспорно е голяма загуба за световната наука, имайки

предвид значителните му приноси в областта на физиката, осъществени на толкова ранна възраст. Счита се, че е щял да бъде удостоен с Нобелова награда през 1916 г. Законът на Мозли дава силен тласък на развитието на атомната, ядрената и квантовата физика, като предоставя първите експериментални доказателства в подкрепа на теорията на Бор.

Трудно може да се оцени от каква стойност би могла да бъде бъдещата научна дейност на Мозли.

По повод смъртта му Айзък Азимов пише: *„С оглед на това, което той [Мозли] все още можеше да постигне... смъртта му може би е най-скъпо струващата загуба на човешки живот по време на войната за човечеството като цяло.“*

Днес откритието му се оценява като преломно събитие в развитието на науката, а самият Мозли остава запомнен като един от най-блестящите физици на времето си.

Литература

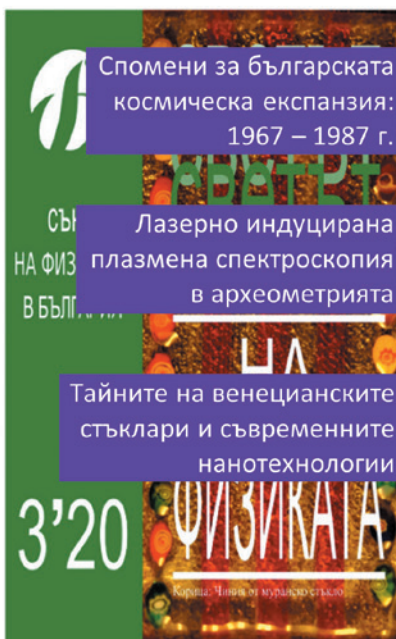
1. <https://physicsopenlab.org/2017/04/11/the-rutherford-geiger-marsden-experiment/>
2. https://advlabs.aapt.org/bfyiii/files/AJP_85_352_2017.pdf
3. <https://chemistry.unt.edu/sites/default/files/users/owj0001/moseley%20and%20atomic%20numbers.pdf>
4. <https://www.britannica.com/topic/Chandra-X-Ray-Observatory>
5. <https://chandra.si.edu/>
6. Практикум по атомна и ядрена физика – Ани Минкова, Борис Манушев, Васил Гурев, Екатерина Добрева

Рубриката се списва със съдействието на клон „Космос“ към СФБ.

ХАРЕСАЙТЕ СТРАНИЦАТА НА СПИСАНИЕТО ВЪВ FACEBOOK

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

В „Светът на физиката“ няма стари новини!



Можете да си закупите
броеве от предишни години
на преференциални цени!

Пишете ни!

worldofphysics@abv.bg

НЕОБИКНОВЕНИТЕ УРОЦИ ПО ФИЗИКА В НАЦИОНАЛНИЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИ МУЗЕЙ

Веселина Енева

Ако трябва да представим с две думи демонстрационния кабинет за необикновени уроци по физика в Националния политехнически музей (НПТМ) в София, то това ще бъдат мястото на чудесата или по-точно – мястото на музейните чудеса. А участниците в тези малки чудеса са всички желаещи на възраст от 3 до 103 години. За да бъдем по-конкретни, ще разкажем за интересни срещи с науката физика, за по-интересни музейни преживявания, създавани с помощта на още по-интересни уреди и помагала...

Откакто през 1992 г. НПТМ разполага със собствена сграда, в постоянната му експозиция се обособява кабинет, направен за да помага на всички посетители и особено на децата – да видят, да докоснат и да разберат природните физически закони. Кабинетът и днес продължава да се развива и обогатява. Но защо „Физика“ в музей? Въпросът би предизвикал у някои снизходителни усмивки. Други ще се запитат: *Да уча физика... в музей, как се случва?* Отговора те ще получат в Националния политехнически музей (Фотос 1).



Фотос 1. Част от Демонстрационния кабинет по физика

Със своите над 22 хиляди експоната този единствен по рода си в страната музей представя историята на техниката, технологиите, науката и откритията по днешните български земи. Темите и колекциите в постоянната експозиция са: измерване на времето, транспорт, минно дело и металургия, битова техника, пишещи машини, изчислителна техника, фототехника, астрономия, телеграф,

телефон, радио, телевизия, музикални механизми и инструменти, физични уреди и др. Всички те, смислено и визуално, превръщат дейността на музея в изключително полезна за задоволяване любопитството и обогатяване на общата култура на посетителите. Но отвъд този ефект, културните ценности, които НПТМ представя на своята традиционна младежка публика, са и особено полезен образователен ресурс, който допълва и прави устойчиво знанието на младите хора, както правят и най-големите технически и научни музеи в света.

Сбирката на демонстрационния кабинет по физика в НПТМ е твърде богата. Ценните експонати в постоянната експозиция я допълват и нагледно доказват истинността на фразата „Физиката – основа на технологиите“. Множеството стари, атрактивни, но и действащи физични уреди във витрините и в демонстрационния кабинет, а също и във фондовете на музея, интригуват със своята методическа пригодност, с образователната си ефективност, а често и със своята красота, ергономичност и изискан стил на изработка. Направата на тези уреди отпреди 8 – 10 десетилетия доказва, че и преди много време отношението към образователния процес е било като към нещо много, много важно. Във всичко, свързано с този процес, е влагана много любов, отношение и дори сериозни инвестиции. Старите уреди по физика в НПТМ наистина са красиви, стабилни и въздействащи както визуално, така и образователно и възпитателно. Дори само от пръв поглед създават респект и уважение към знанието, към училището и към ученето.

Информация за тези уреди намираме още в старите, прекрасно написани и илюстрирани учебници по физика, част от които също се съхраняват в богатия научен архив и книжен фонд на музея. В тези учебници се описва и самият процес на обучение по физика. В него неизменно са съществували специализирани кабинети/физически лаборатории. Те са разполагали със съответното оборудване, което е позволявало на подрастващите да видят и усетят на практика изучаваните физични закони. Обучаващите се не са били само статични наблюдатели. И тогава, и до наши дни, в кабинетите по физика има действие и всеки участва пряко. Образователният процес протича под формата на практическо обучение. Този метод провокира не само любопитството, но впоследствие и интелектуалния потенциал на обучаващите се. Подходът е характерен най-вече за детската възраст, тъй като чисто психологически в ранната възраст ученето се осъществява най-ефективно заедно с действието и емоциите. Теорията не е достатъчна, за да бъдат разбрани принципите – особено на точните науки. Лабораториите, уредите и учебниците/дидактическите помагала отпреди много десетилетия го доказват. Методиката на учене чрез действие е приета за водеща и днес, но за съжаление тя не винаги и не навсякъде се прилага. Това води и до естествения резултат – точните науки и в частност

физиката и химията – да не са предпочитани като професионални направления от младите хора. За младите хора от поне три десетилетия тези науки са сложни и неразбрани, именно поради неподходящите методики на поднасяне в най-ранна възраст. А защо е така, защо повечето училища в страната вече не разполагат с работещи специализирани кабинети по физика – тази тема е много голяма и не може да бъде изчерпана в настоящата статия.

Тук идва ключовата роля на музея като място, в което се събират не само технически артефакти, но също и демонстрационни уреди, а и ценна техническа литература. В библиотеката на музея се пазят над 15 хиляди различни видове печатни издания: книги, вестници, списания, каталози и учебници. Именно от старите учебници черпим информация за историята за старото образование по физика, както и за предимствата на използваните в тях методики. Ясно личи идеята, че практиката на опитната постановка е ключова и възниква още във времето, когато започват да се пишат и първите учебници по физика.

Още през 70-те години на XIX в. в тогавашните пълни класни училища (сегашни гимназии) в Пловдив и Габрово се създават кабинети по физика. Малко по-късно в тях се въвеждат демонстрации – за пръв път в историята на обучението по физика в България [1]. Основоположник е Иван Гюзелев. Той пише и учебник по физика (за който подробно ще стане въпрос по-късно), като за първи път въвежда и решаването на задачи. С цялата си дейност той издига на едно значително по-високо равнище образованието по физика в България [2].

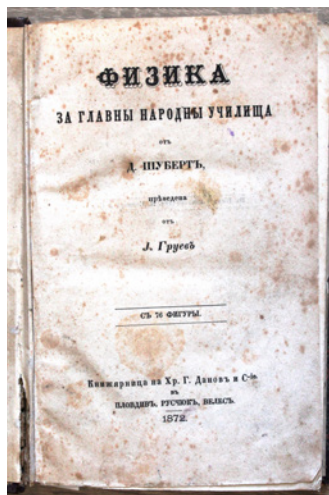
Важността на демонстрациите като метод на обучение можем да подкрепим с един факт още от самото начало на XX в. През 1910 г. в увода към своя труд „Методи за физични измервания“, Ж. Чавдаров отбелязва, че „*физиката в последните няколко десетилетия се е развила много бурно и е получила голямо научно значение и приложение, поради което всички педагози и учени препоръчват използването на личния експеримент*“ [3]. Също така през 1938 г. проф. Георги Ив. Манев в изложението си „Увод в теоретичната физика – учение за материята“ пише: „*За да се изучат физичните закони има два пътя: опитен (експериментален) и теоретичен*“ [4].

Първият български учебник по физика „Извод от физика, част първа“ (Фотос 2) датира от края на четиридесетте години на XIX в. Негов автор е класният учител в Копривщица Найден Геров (1833 – 1900). През лятото на 1849 г. в правителствената книгопечатница в Белград той го отпечатва в 2020 екземпляра. Един от тези екземпляри се съхранява в книжния фонд на НПТМ и е заведен в основен фонд с инвентарен номер ОФ 04792. При написването му Н. Геров използва второто издание – от 1842 г., на смятания за най-добър по това време руски учебник „Руководство по физикъ“ на академик Е. Ленц [1]. Екземпляр от седмото – отпечатано през 1867 г. – издание на този ценен

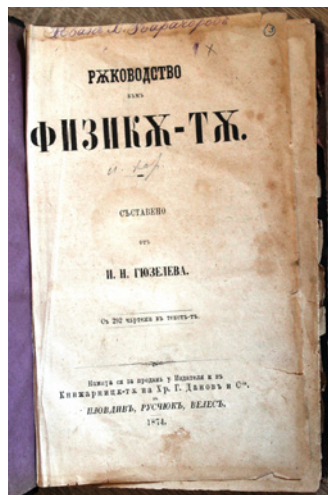
учебник, също е собственост на НПТМ и е заведено в библиотеката на музея с инв. номер 1282.



Фотос 2. Найден Геров.
„Извод от физика, част първа“ – първият български учебник по физика. Инв. № ОФ 04792



Фотос 3. Д. Шуберт.
„Физика за главни народни училища“, преведен от Й. Груев. Инв. № ОФ 04915



Фотос 4. Иван Гюзелев.
„Ръководство към физиката“. Инв. № ОФ 04793

През 60-те години на XIX в. Йоаким Груев – ученик на Найден Геров и също преподавател по физика, е използвал в практиката си предимно френски учебници. През 1869 г. той превежда на български език и отпечатва „Опитна физика“ на А. Гано – първият учебник, съдържащ всички раздели на физиката. НПТМ разполага с брой от тиража, който е заведен с инв. номер ОФ 04989 през 1872 г. Друг ценен експонат във фонда на музея (с инв. номер ОФ 04915) е и вторият учебник по физика, преведен от Й. Груев – „Физика за главни народни училища“ на Д. Шуберт (Фотос 3). Той е по-кратък и е предназначен за изучаване на физика в тогавашните български некласни училища.

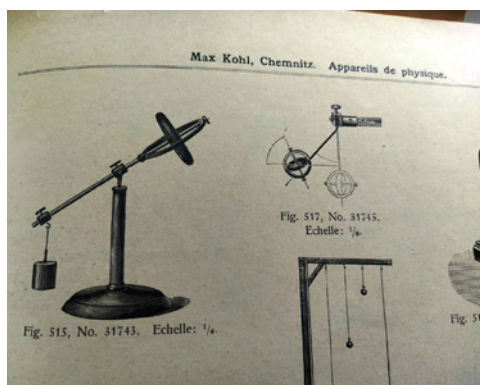
Във фонда на музея (ОФ 04793) се съхранява и брой от излязлото от печат през 1974 г. „Ръководство към физиката“ (Фотос 4). Това е първият български учебник по физика от автор с висше физико-математическо образование. Написан е от Иван Гюзелев [2], който по това време е преподавател в Габровската гимназия, след като през 1871 г. е завършил Физико-математическия факултет на Новорусийския университет в Одеса.

В книжния фонд на музея откриваме и стари каталози на немската фирма *Max Kohl AG* със седалище в град Кемниц. Създадена през 1898 г., фирмата

е специализирана в производството на системи и устройства за технически и научни цели. С големия си асортимент от до 4000 различни продукта, фирмата снабдява лаборатории и университети по целия свят. На страниците на каталога *Max Kohl AG* – физични уреди от 1904 г. (заведен в НПТМ с номер ВП 1460) откриваме изключително прецизни графични изображения/рисушки на демонстрационно лабораторно оборудване за различните области на физиката.

Гордост за музея е това, че демонстрационният кабинет е оборудван с уреди с историческа стойност. Част от тези уреди са в работещо състояние и след професионалната им реставрация са приведени в действие отново. Те доста често намират приложение при провеждането на образователните програми с демонстрации по физика. Голям брой от старите демонстрационни уреди, използвани в кабинета, са производство именно на компанията *Max Kohl AG*.

Един от много ценните е **жироскопът на Шмид** (ОФ 00141-ПФ), с който се демонстрира явлението **прецесия** (Фотос 5). Представлява устройство с маховик, което може да променя оста си на въртене във всяка една посока, но се стреми да я запазва заради въртящия се маховик. Жироскопът използва земната гравитация, за да определи точната ориентация на устройството, в което е вграден. Освен в автомобилите, в съвременното ни жирокопи имат дори и мобилните ни телефони.



Фотос 5. Жироскоп на Шмид, ОФ 00141-ПФ

Други уреди, производство на компанията *Max Kohl*, в демонстрационния кабинет по физика в НПТМ са: **силомер** за измерване на големината на действителната сила, 1915 г., ОФ 00142-ПФ; **електромотор на Ричи**, който демонстрира превръщането на електричната енергия в механична, ОФ 00476-ПФ; **наведена равнина** – използва се за доказване законите на триене, плъзгане и търкаляне, 1920 г., ОФ 00156-ПФ; **ръчна вакуумна помпа** – за изтегляне на газове от затворено пространство – уредът е предназначен за демонстриране явленията всмукване и налягане на течности, както и за онагледяване действието на водната помпа, 1920 г., ОФ 00278-ПФ.

В кабинета на музея се използват ценни демонстрационни уреди и от други производители:

- **Опитна установка** за демонстриране налягането на парите на различни течности, доставена през 1885 г. за нуждите на Казанлъжското педагогическо училище. Дарена безвъзмездно през 1982 г., ОФ 00150-ПФ.

▪ **Оптичен (хартелов) кръг**, който се използва за демонстриране на законите за пречупване и отражение на светлината, както и за хода на светлинните лъчи през събирателна, разсейваща и др. лещи, Германия, 1938 г., ОФ 00259-ПФ.

▪ **Уред за отражение на светлината**, 1920 г., ОФ 00276-ПФ.

▪ **Уред за демонстрация на закона на Бойл-Мариот**, България, „Елфа“, 1935, ОФ 00281-ПФ.

▪ **Машина на Атвуд** за доказване законите за свободно падане на телата, *Koehler & Volckmar AG*, Германия, 00553-ПФ.

▪ **Психрометър на Даниел** – за определяне влажността и температурата на въздуха, 1887 г. ОФ 00515-ПФ.

Един от най-впечатляващите за посетителите уреди е този, който демонстрира геоидната форма на планетата Земя (Фотос 6). Моделът е оформен с еластични пластини като кръгли обръчи и монтиран на оста на центробежна машина. При завъртане с ръка на центробежната машина, кръглите пружини се сплескват. Уредът е произведен в края на деветнайсти век в Германия от *Ferdinand Ernecke Berlin, S.W.*



Фотос 6. Уред за демонстрация геоидната форма на Земята

Друг такъв е **моделът на парна машина**.

Парната машина е вид двигател с външно горене, който използва топлинната енергия, налична във водната пара, преобразувайки я в механична работа. Първата парна машина е построена през 1679 г. от Дени Папен и представлявала цилиндър с лост, който се издига под действието на парата, а после се спуска под атмосферното налягане след кондензация на отработената пара. Нашият модел е с инструмент, който произвежда звук чрез протичащ през него въздух, имитиращ влакова свирка и много радва посетителите.

Демонстрационният кабинет по физика разполага и със стари уреди по астрономия. Те също интригуват публиката. Това са:

▪ **Телурий** (Планетарий) – от латински *Tellus* – Земя, т.е. устройство за визуална демонстрация на годишното движение на Земята около Слънцето, дневното въртене на Земята около оста си, а също и на Луната около Земята (Фотос 7).

▪ **Слънчев часовник** (гномон) с аналема, *E. Ducretet & L. Lejeune*, произведен в Париж в



Фотос 7. Планетарий

края на XIX в. Аналемата изобразява функцията на „изравняване на времето“ и позволява да се поправи грешката в показанията на часовника.

През годините в процеса на работа числеността на демонстрационните физични уреди на музея се увеличава. Кабинетът непрекъснато се обогатява със съвременни опитни установки и вече дава възможност за опити във всички раздели на физиката. Но все пак акцентът остава върху онези уреди, които имат и историческа стойност. Това, че са от една отминала епоха, по никакъв начин не отнема от способността им да задържат трайно вниманието на подрастващите. Дори напротив. Това им придава допълнителна стойност и чар.

Работейки по гореописаната, уж стара, но всъщност най-действаща методика на обучение по физика, музейният кабинет привлича все повече ученици от гимназиалния и от прогимназиалния курс. Още по-ценно е, че водени от преподавателите си, в кабинета по физика идват и ученици от началния курс, които още не учат физика. За тези наши посетители, образователната демонстрация е адаптирана, с цел да им се поднесе по най-разбираем начин. Идеята е и най-малките да осмислят факта, че има основни природни закони, които науката е установила и на които явленията в света около нас се подчиняват безусловно. Музейните педагози в НПТМ дават всичко от себе си, за да помогнат и на най-малките посетители да приемат, че физиката е част от ежедневието на всеки, дори когато нейните принципи и закони – в музея, изглеждат като чудеса...



Литература

1. Борисов, М., Ваврек, А., Камишева, Г., Някои характерни особености в развитието на обучението по физика в българските средни училища. В: Физика, 1992, кн.3.
2. Лазарова, П. Иван Гюзелев – физик, математик, философ, един от строителите на модерна България. В: Годишник на Националния политехнически музей, 2019, т. 21, с. 77.

3. Чавдаров, Ж. Методи за физични измервания. Механика, звук, топлина. Св. София, С., 1910.
4. Маневъ, Г. Ив. Уводъ в теоретичната физика. Часть 1. Учение за материята. Придворна печатница, 1938.

THE REMARKABLE PHYSICS LESSONS AT THE NATIONAL POLYTECHNIC MUSEUM

Vesselina Eneva

The article describes certain devices from the collection of the physics demonstration cabinet of the National Polytechnic Museum (NPM), as well as from the museum's inventory. Emphasis is placed on a Schmidt's gyroscope, a Ritchie electric motor, a hand vacuum pump, a force gauge, an experimental setup for demonstrating the vapor pressure of various liquids, an optical (Hartel) circle, a light reflection apparatus, an apparatus for demonstrating the Boyle-Marriott law, Atwoods machine, Daniels psychrometer, a geoid, etc. Some astronomy instruments such as the tellurion and the sundial are also discussed. Attention is drawn to the first Bulgarian textbook on physics – Summary of Physics, Part One, by Nayden Gerov and Guide to Physics by Ivan Gyuzelev and the necessary connection between theory and demonstrations, which arose already at the time when the first physics textbooks began to be written. The teaching method through demonstrations in specialized classrooms and physics laboratories was key in physics education in Bulgaria as early as the 1970s and continues to this day in the physics demonstration room at NPM.

АБОНИРАЙТЕ СЕ

Абонамент за 1 година (4 броя) – 25 лв. За членове на СФБ – 22 лв.

За ученици, студенти и пенсионери – 16 лв.

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

Цена за 1 книжка – 7 лв.

Банкова сметка: Първа Инвестиционна Банка

IBAN: BG91FINV91501215737609; BIC: FINVBGSF

НАЦИОНАЛЕН ФЕСТИВАЛ „НАУКА НА СЦЕНАТА 9“ – ЕДИН ПРАЗНИК ЗА УЧИТЕЛИ И УЧЕНИЦИ В СЕВЛИЕВО

Ана Георгиева, Теодора Конова

Представени са накратко подготовката, организацията и резултатите на IX-ия Национален фестивал „Наука на сцената“ (*Science on Stage*). За първи път след ковид пандемията Фестивалът се провежда изцяло присъствено. Това доведе и голямо количество наблюдатели и предизвика интерес и у местната общественост. За първи път към пленарните лекции са добавени и лекции от млади учени, мотивиращи избора си на кариера в областта на природните науки. Описан е и по прецизния начин за оценяване на проектите от журито и определянето на Националната ни делегация на Международния фестивал в Турку, Финландия.

1. Националният фестивал „Науката на сцената“ – 2023

1.1. Подготовка и организация на Фестивала

Подготовката за IX-ия Национален фестивал започна с обявяването и популяризирането му на Национален уебинар на тема: „**Как да подготвим успешен проект за „Наука на сцената – 9“**“, който се проведе дистанционно на 4 май 2023 г. (<https://www.science-on-stage.eu/news/science-stage-bulgaria-webinar-about-how-participate-national-event>). Регламентът и начинът на кандидатстване за участие в Националния кръг (срокове, подаване на заявление за участие и формуляри за описание на проекта и т.н.), на който се определят участниците в Международния фестивал, бяха разяснени от Теодора Конова и Моника Ковачка-Димитрова, а проф. д.фз.н. Ана Георгиева представи международната инициатива Лига на бъдещето (*Future League*). Беше представен и проектът „Наука в кутия“ на Милена Гошева и Грета Райковска от Професионалната гимназия по електроника „Джон Атанасов“ в София, успешно участвал на Европейския фестивал „Наука на сцената – 8“ в Прага през 2022 г., в който учениците заедно изграждат комплекти, използвайки законите на физиката и уменията за работа с микроконтролери.

Към уебинара се присъединиха около 50 учители, които бяха заинтересовани и насърчени да участват в IX-ия Национален фестивал „Наука на сцената“ – подборен кръг за Европейския фестивал „Наука на сцената“, който ще се проведе от 12 до 15 август 2024 г. в Турку, Финландия.

1.2. Провеждане на Фестивала

От 20 до 22 октомври 2023 г. под патронажа на Министерството на образованието и науката (МОН) се проведе IX-ото издание на Националния фестивал „Наука на сцената“. За 8-ми път домакин на събитието беше град Севлиево, а организацията на Фестивала и провеждането му бе подготвено от Националния и Местния организационен комитет – главно заслуга на преподавателския екип и учениците на СУ „Васил Левски“ – най-старото и престижно училище в града.

И двата фестивала са под мотото „Устойчивост в STEM обучението“. На Националния форум преподавателите от предучилищно и от всички етапи на училищното образование представиха проекти, с които демонстрираха своите иновативни преподавателски подходи при преподаването на естествените науки – физика и астрономия, химия, биология, математика и информационни технологии (STEM), и обменяха опит и идеи.



На сцената

Желание за участие в „Наука на сцената 9“ в Севлиево бяха заявили 38 проекта, реално се явиха 31, като всички имаха щандове, на които показваха резултатите от своята работа, а допълнително 10 от проектите демонстрираха работилници и 11 бяха представени на сцена. В тазгодишното издание на Фестивала взеха участие преподаватели, деца и ученици от 12 града от 9

области в страната. Общият брой на учителите с проекти беше 36, а на децата и учениците – 70. Големият интерес към Фестивала беше довел като наблюдатели преподаватели от ДИПКУ – Стара Загора, директори и учители от детски градини от Перник, София, Севлиево, Пловдив, Велико Търново, Габрово. Имаше интерес и от севлиевската общественост.

Специален гост на фестивала и участник в журито на щандове беше преподавателят от Франция Майкъл Грегори, който е посланик на „Наука на сцената – Франция“. В последния ден на фестивала в Актовата зала на СУ „Васил Левски“ той демонстрира интересни химични и физични опити.

1.3. Програма на фестивала

При откриването на Фестивала в Актовата зала на СУ „Васил Левски“, след приветствията от гостуващите представители на редица образователни институции беше изнесена и кратка програма с участието на ученици от

Театралното студио при СУ „Васил Левски“, Севлиево, с ръководител г-жа Даниела Симеонова, които изнесоха кратка театрална миниатюра „Цветна бъркотия“ и бяха поздравени с песента „Непознати улици“. Фестивалът беше открит от проф. д.фз.н. Иван Лалов – Почетен председател на Националния организационен комитет на програмата „Наука на сцената“ в България.

Вечерта на 20.10.2023 г. след откриването, Наско Стаменов – учител по химия от НППМГ, София, и посланик на България в Европейската програма „Наука на сцената“, направи атрактивна демонстрация „Ракети“, която съдържаше историческа ретроспекция на развитието на ракетните двигатели от древен Китай до мисията „Артемида“, и обясни по забавен начин как можем да си направим ракетно гориво и импровизирани ракети от подръчни материали и малко химични експерименти.

Всички заявени проекти бяха представени на щандове, които бяха подредени според основните теми, зададени от Европейската програма:

- **Наука за най-младите.**
- **Проекти за STEM образование за устойчиво развитие**, които допринасят за постигането на 17-те цели за устойчиво развитие.
- **Цифрови технологии в образователни проекти в областта на STEM.**
- **Разнообразие в проектите за преподаване на STEM**, които отразяват хетерогенността и многообразието на нашето общество.
- **STEAM в образователни проекти**, комбиниращи природни науки с други дисциплини.
- **Евтени за изпълнение експерименти в STEM образованието.**
- **Съвместни проекти**, разработени от учители, които са се срещнали на едно от миналите събития на Международния фестивал „Наука на сцената“.

1.4. Фестивалът като обучение за участниците

Във Фестивала активно участваха като лектори и учени от БАН, и преподаватели от висшите училища, които изнесоха 8 лекции, целта на които беше да информират и популяризират сред участниците съвременните научни постижения и събития, представящи проектно-базирания подход в класните и извънкласните дейности в образованието:

➤ *„Национално състезание за ключови компетентности по природни науки“* – проф. д-р Адриана Тафрова-Григорова, Факултет по химия и фармация, Софийски университет „Св. Климент Охридски“.

➤ *„Климатични промени в Черно море“* – доц. д-р Елисавета Пенева, катедра „Метеорология и геофизика“, Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“.

➤ *„Биоелектричеството в човешкия организъм“* – доц. д-р Надежда

Райчева, Биологически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“.

➤ „Какво знаем? Какво не знаем? Какво искаме да знаем?“ – инж. Стоян Владимир.

➤ „Нобеловите награди по физика за 2023 г.“ – чл.-кор. Александър Драйшу, Председател на Съюза на физиците в България.

➤ „Първият Национален младежки екофорум „За чиста околна среда и устойчиво развитие“ – Милена Гошева, учител по физика, СПГЕ „Джон Атанасов“, София.

С цел да мотивират учениците за насочване към кариери в областта на природните науки и техните приложения, за първи път на този фестивал беше дадена думата и на младото поколение, избрало професионално развитие в науката. С интерес бяха посрещнати лекциите:

➤ „Идея, концепция и теория за устойчиво развитие“ на Василена Христова Монева, студент II курс, специалност „География“, Геолого-географски факултет, СУ „Св. Климент Охридски“.

➤ „На пътя между математиката, физиката и инженерните науки“ – Александра Александрова Умленска, студент I курс, специалност „Математика“, Факултет по математика и информатика, СУ „Св. Климент Охридски“, и специалност „Автоматика и ИТ“, ХТМУ.

2. Оценяване на представените проекти на Фестивала



Взискателно жури

Проектите на учителите и техните ученици бяха оценявани в трите категории – „Щанд“, „Работилница“ и „Представяне на сцена“. За всяка от тях имаше отделна комисия, която поставяше оценки от 1 до 5 на проектите по следните критерии:

1. Да бъде от учители за учители.
2. Да насърчава изследователски базирано обучение.
3. Да има голямо значение за ежедневието.
4. Да е лесен за прилагане в ежедневието на училището и да може да бъде инициран и изпълнен с разумни средства.
5. Да насърчава образованието за устойчиво развитие.

Председател на журито за класиране на представените проекти в 3-те категории беше проф. д.фз.н. Иван Лалов от Съюза на физиците в България (СФБ), а комисииите бяха съставени от преподаватели от висши и средни

училища и учени от БАН, като за първи път бяха включени и експерти от МОН и РУО. Учителите получиха сертификати, които им дават възможност за добиването на кредити, а учениците – сертификати за участие.



Най-малките участници

и член на Организационния комитет на Европейската програма „Наука на сцената“. Г-жа Силвия Стойчева – главен експерт по физика в МОН, връчи специалните награди на ученици за постижения в категории на Фестивала, определени от НОК:

- **„Най-ентузиизиран млад участник“** на Преслава Иванова от ДГ „Радост“, Севлиево.
- **„Най-любознателен млад участник“** на Веселин Патрашков от ДГ „Радост“, Севлиево.



Интересни експерименти

Отличителните награди – грамота и плакет, както и предметни награди в категория „Работилници“, връчи проф. Иван Лалов. Пенка Лазарова, член на Управителния съвет на СФБ и на Националния организационен комитет „Наука на сцената“, награди победителите в категория „Представяне на сцена“. Най-добре представилите се на щандове бяха наградени от Моника Ковачка-Димитрова, главен експерт по проекти на технологичния гигант SAP

и член на Организационния комитет на Европейската програма „Наука на сцената“. Г-жа Силвия Стойчева – главен експерт по физика в МОН, връчи специалните награди на ученици за постижения в категории на Фестивала, определени от НОК:

- **„Космически потенциал“** на Йоан Николов от ОУ „Стефан Пешев“, Севлиево.
- **„Изследователска работа“** на Преслава Георгиева от СУ „Въчо Стоянов“, Горна Оряховица.
- **„Интердисциплинарна експертиза“** на Михаела Драшкова от СУ „Васил Левски“, Севлиево.
- **„Смел експериментатор“** на Цветомир Колев от СУ „Васил Левски“, Севлиево.
- **„Най-убедителен експериментатор“** на Димитър Даскалов от ЕГ „Иван Вазов“, Пловдив.
- **„Кулинарни умения на**

бъдещето“ на Гергана Стоицева от ЕГ „Иван Вазов“, Пловдив.

➤ „Най-добър разработчик на прототип“ на Даниел Русев от СПГЕ „Джон Атанасов“, София.

➤ „Работа в екип“ на Кристиан Гуглев, Любомир Митев, Мариан Гигов от ППМГ „Гео Милев“, Стара Загора.

3. Делегацията на България за Международния фестивал през 2024 г. в Турку, Финландия

Според определената от МОК квота на България от 7 проекта, 2 трябва да са отличени с пет звезди (5*) като изключителни и 2 – предложени за представяне като Работилници. Останалите 3 са проекти за участници в Международния фестивал. По покана на Моника Ковашка-Димитрова председателите и секретарите на журитата по секции и ръководството на НОК се събраха за определяне на делегацията на 10.11.2023 г. в новата сграда на САП – България. Те обобщиха и допълнително класираха проектите от отделните комисии, като окончателно определиха делегацията на България за фестивала в Турку:

№	Име на проекта	Тема	Ръководител	Училище/Град	Номинация
1.	Оптични явления с евтини материали	Евтини експерименти в STEM	Никола Каравасилев	ПЧМГ, гр. София	5*
2.	Тайните на съзвездията	Наука за най-младите	Нели Иванова	ЧОУ „Наука за деца“, гр. София	5*
3.	Магическа лаборатория	Наука за най-младите	Силвия Тодорова, Цанка Ненчева	ДГ „Радост“, гр. Севлиево	Работилница
4.	Зелена енергия от вода	STEM образование за устойчиво развитие.	Красимира Томева	ПГМЕТ „Ген. Иван Бъчваров“, Севлиево	Работилница
5.	Да съхраним природата – кръгова икономика	STEM образование за устойчиво развитие.	Снежана Цонкова	СУ „Васил Левски“, гр. Севлиево	Щанд
6.	Умно земеделие	Разнообразие в проектите за преподаване на STEM	Динко Динев	Профилирана гимназия „Васил Левски“, гр. Ямбол	Щанд
7.	Силата на науката/Физични и химични закономерности в начален етап	Наука за най-младите	Даниела Георгиева	ОУ „Св. Паисий Хилендарски“, гр. Кюстендил	Щанд

В делегацията се включват още Ана Георгиева и Теодора Конова като

членове на НОК.

Всички присъстващи на това заседание бяха изключително впечатлени от организацията на дейността на САП и новата сграда на българския клон на компанията, която предоставя изключителни възможности за работа на служителите, както и за взаимодействие помежду им и с другите клонове на компанията. Имахме още един повод да благодарим за съдействието и финансовата помощ от компанията, която ни помага да организираме на високо ниво събитията с участието на българските учители.

В заключение можем да обобщим, че IX-тия Национален фестивал предложи на участниците в него – учители и ученици, изключителни възможности за обмен на идеи. Той доказва, че природните науки, макар и считани за трудни, могат да бъдат представени по един изключително привлекателен начин за обучаваните, който да ги стимулира за насочването им към кариери в тези научни области и разбиране за важноста на техните приложения, които имат принос към подобряване на качеството на живот на цялото общество.

Всички се насладиха на видяното и показаното на Фестивала и на създадените нови контакти и вдъхновяващите нови идеи. Следвайки принципа „от учители за учители“, се надяваме да превърнем Фестивала в отправна точка за широка гама от национални дейности, чрез които най-добрите идеи за преподаване ще намерят своето място в учебни материали и стратегии в нашите училищата. Поради това смятаме да издадем сборник с описанието на български и английски на отличените проекти.

NATIONAL FESTIVAL „SCIENCE ON STAGE 9“ – A CELEBRATION FOR TEACHERS AND STUDENTS IN SEVLIEVO

Ana Georgieva, Teodora Konova

The preparation, organization and results of the 9th National festival „Science on Stage“ are outlined. For the first time since the Covid pandemic, the festival is held entirely in person. This brought a large number of observers and sparked interest among the local public as well. For the first time, lectures by young scientists were added to the plenary lectures, motivating their choice of a career in the field of natural sciences. The way of evaluating the projects by the jury and how our Bulgarian national delegation to the International Festival in Turku, Finland, was selected, are discussed.

ПРОФ. НИКОЛА БАЛАБАНОВ (1937 – 2022)**Иван Лалов**

Майският отчетно-изборен конгрес на СФБ (2023 г.) бе открит от председателя проф. А. Драйшу, след което той прочете списък на активните членове, които са ни напуснали през трите години между двата конгреса. На първо място в печалния списък бе името на проф. Никола Балабанов. Вече почти една година физическата колегия в България трудно преживява шока от тази вест и с тъга приема факта, че той вече не е между нас.

Проф. Н. Балабанов бе необикновена личност, възприеман като човек-символ в няколко насоки. Символ на развитието на университетската физика като наука и образование в Пловдивския университет, един от стълбовете в развитието на ядрената физика в България и, съответно, на сътрудничеството с ОИЯИ – Дубна, той бе физикът с перо, който не представяше живота си без да пише за физиката и физиците у нас и по света, за любимия град Пловдив, за връзките между хуманитарната и природонаучната сфера, по обществено значими теми. Проф. Н. Балабанов бе обществено ангажирана личност и връх на тази дейност са годините 1989 – 1993, когато е ректор на Пловдивския университет. Активната му дейност в Съюза на физиците е израз едновременно на колегиална и обществена грижа за сегашното и бъдещите поколения.

Жизненият път на проф. Балабанов може да се определи като линейна пътека на университетски учен и преподавател. Роден и израсъл през военните и следвоенни години в Пловдив, той възприема уроците, мечтите и навиците на своето време – да се труди, да се интересува от живота и да се надява на бъдещето. Интересът към много привлекателната в тези времена физика е събуден още в гимназията. През 1955 г. той е студент във Физико-математическия факултет (ФМФ) на Софийския университет (в по-горния от моя курс). Още през студентските години ядрената (неутронна) физика става негова съдба. Първите ми спомени за проф. Балабанов са от кръжока по ядрена физика и от някои срещи във ФМФ, където той беше секретар на факултетната комсомолска организация. Завършва специалността „физика – научен профил“ (после преименуван на „производствен профил“) с дипломна работа по неутронна физика. След завършването е учител в Голямо Конаре (град Съединение) за половин година и още толкова е асистент по физика във ФМФ. От 1961 г. започва неговата „Пловдивска епопея“, продължила половин век, като преподавател, професор, ръководител на катедра „Атомна физика“, декан на Физическия факултет, зам.-ректор и ректор на Пловдивския университет. През 1971 – 1972

г. работи в ОИЯИ – Дубна, откъдето е „отзован“, тъй като е избран за зам.-ректор. През всичките тези години, до пенсионирането му през 2012 г., работата на проф. Балабанов е преподаване, организиране и ръководство на Катедрата, наука и научно сътрудничество с Дубна и други научни институции, ръководство на научните изследвания на младите, огромна дейност на ръководител на Пловдивския университет, научни съвети, ВАК, председател на Пловдивския клон на Съюза на учените в България и разбира се, работа в Съюза (до 1989 г. – в Дружеството на физиците в България). Автор е на огромен брой научни публикации, научно-методични доклади и статии, множество публикации в научно популярни списания, статии в местния и национален печат.

Слушал съм доклади и слова на проф. Балабанов и си представям яснотата и бих казал, блясъка, с който той е преподавал физиката на своите студенти. Оценяваме неговата разностранна научна дейност в областта на неутронната физика, ефекта на Мьосбауер и други, но и техните приложения в индустрията.

По-нататък ще изразя своето отношение и благодарност към колегата и съмишленика Н. Балабанов с цитати от моята статия в сборника „Откровения“, издаден по случай 75-годишния му юбилей (2012). Сборникът съдържа неговата автобиография и множество статии и откъси от книги, написани от него, а в раздела „Резонанси“ – впечатления на колеги и приятели на юбиляра. Предпочитам в цитатите да запазя сегашно, а не минало време.

Най-напред за неговата, бих казал, „нашата“, дейност в СФБ.

През 1971 г. Дружеството на физиците в България (ДФБ) се отдели от общото Физико-математическо дружество и започна да организира ежегодни конференции за образованието по физика, а също – конференции за физиците от производството, конференции по отделни области на приложение на физиката (електроника, археология, селско стопанство, медицина) и др. Неизменно най-деен представител на втората по брой колегия от физици – пловдивската – бе именно проф. Н. Балабанов (при постепенното оттегляне по естествени причини на проф. Тодор Василев). Пред мен и досега е неговият образ като участник в редовните пролетни конференции на ДФБ, а също активната дейност на проф. Н. Балабанов по време на Първия конгрес на българската физика (София, 1983). По-късно проф. Н. Балабанов бе председател на Организационните комитети на конференциите в Стара Загора (1994) и Пловдив (2002). А председателят не само „организира“, той задава идейните насоки на конференцията.

През ноември 1989 г. ДФБ се преименува на Съюз на физиците в България. Пред Съюза стоеше задачата да извърши труден преход от контролирана от отделите на ЦК на БКП организация към институция на гражданското общество. Позволявам си да изкажа мнението, че неколцина (проф. Христо Попов, проф. Н. Балабанов, моята скромна личност) поехме задачите по съставяне

на новия Устав на СФБ, организиране на извънредния конгрес на СФБ (1991) и другите дейности по модернизиранието на Съюза. По това време проф. Н. Балабанов бе избран от Конгреса на СФБ за главен редактор на списанието „Светът на физиката“ и под негово ръководство то се превърна от един ведомствен бюлетин в сериозно и интересно научно списание.

Двамата с проф. Н. Балабанов често бяхме докладчици по основни теми на конференциите за образованието по физика. Пред нас винаги стои един въпрос, който и проф. Н. Балабанов, и аз, се стремим да поставим и доведем до съзнанието на колегите „Как да се преподава физиката в средните училища и университетите, за да бъде тя интересна и полезна на учениците и студентите?“. Нямам надежда, че ще намерим отговор по този вечен въпрос. Но това не значи, че трябва да престанем да мислим и търсим решения, особено във време като нашето, което самó търси мярката, отношението между духовното, прагматичното и общочовешкото.

Разбира се, нашите възгледи не винаги бяха идентични. Във времената на политическо разделение след началото на промените в България през 1989 г. ние с проф. Н. Балабанов се оказахме на различни позиции. Веднага ще отбележа, че това нито за момент не повлия на нашите колегиални отношения, останали не само коректни, но бих казал – близки. Паметна за мен е Школата по неутронна физика, организирана от Обединения институт за ядрени изследвания – Дубна, и проведена през 1990 г. в Крим. На школата присъствахме и двамата (анекдотична е грешката на организаторите, които бяха схванали Паисий Хилендарски като участник в школата и му бяха отредили място заедно с проф. Н. Балабанов, по това време Ректор на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“). Балабанов разказваше с елегантното си чувство за хумор историята на своята кандидатура за народен представител от листата на БСП. Партийният комитет на БСП в Пловдив не е имал никакво съмнение в успеха на кандидатурата на Ректора на Пловдивския университет. Политическата реалност се оказва различна – проф. Балабанов губи избора още на първия кръг. Но той съвсем не беше опечален от този резултат. Чест му правят поздравленията, които той е отправил още същата вечер към своя опонент от СДС – един рядък за нашите нрави рицарски жест.

След моя избор за ректор на Софийския университет (май 1993 г.) проф. Балабанов – от името на предишното ръководство на Съвета на ректорите – ме представи пред членовете му и ме предложи (струва ми се, че именно той ме предложи) за негов председател.

По-нататък нашите връзки придобиха едно духовно измерение. Все по-изразени станаха нашите общи интереси, които засягат общокултурната основа на физиката, нейните връзки с другите клонове на човешкото познание и

култура, проблемите на философията и историята на физиката. Проф. Н. Балабанов написа цяла поредица от книги по тези въпроси, насочени към физиците – учители и учени, към учениците и към по-широки кръгове. Пет от моите академични слова, произнесени на Патронния празник на Софийския университет, след това, по покана на проф. Н. Балабанов, бяха четени и пред колегията от пловдивски физици в Пловдивския университет.

Мой дълг е да изразя отново своята благодарност към образа и фигурата на проф. Н. Балабанов за рецензирането на моята книга „История на физиката от Възраждането до наши дни“. Нашите общи интереси към историята на физиката се изразяват в тази книга като са цитирани пет негови книги. Тези книги той е подарявал на участниците в нашите пролетни конференции по проблеми на образованието по физика. Общият брой на книгите на проф. Н. Балабанов вероятно е около 30 – едно впечатляващо научно популяризаторско дело.

Обикновено тези, които са ни напуснали, се споменават с болка и тъга. Аз ще завърша с последната фраза от статията ми в „Откровения“ (и отново в сегашно време).

За колеги и съмишленици според мен се отнася и българската поговорка за роднините – „Свой своего не храни, тежко му, който го няма“. Аз се чувствам привилегирован в кръга на познатите си да имам личности като проф. Н. Балабанов, които правят света смислен и цветен.

СТАНЕТЕ НАШИ АВТОРИ

Може да изпращате статии за публикуване в списанието като прикачени файлове на адрес worldofphysics@abv.bg.

Броевете на списанието можете да намерите на сайта ни

wop.phys.uni-sofia.bg

ВЪЗПОМЕНАТЕЛНА ВЕЧЕР ПО ПОВОД 100-ГОДИШНИНАТА ОТ РОЖДЕНИЕТО НА ДОЦ. АНТОНИЯ ПЕЕВА (1923 – 2006)

Галя Деянова



На 01.12.2023 г. отбелязахме с Възпоменателна вечер 100-годишнината от рождението на доц. Антония Пеева, ядрен физик-експериментатор, дългогодишен преподавател в катедра „Обща физика“ на Физическия факултет и Почетен член на Съюза на физиците в България (СФБ), негов заместник-председател в продължение на 15 години, получила приживе званието „човекът-съюз“, живяла и работила с вдъхновение и всеотдайност „за физиката и физиците“.

Събитието се състоя в навечерието на 135-годишнината от преподаването на физика в Софийския университет, което ще отбележим през предстоящата 2024 г., и бе посветено и на юбилея на Физическия факултет, който тази година отбелязва 60 години като самостоятелно звено на Софийския университет.

Да почетат паметта на доц. Пеева се събраха колеги, приятели и сродници, които споделиха своите спомени в презентации, разговори и посветени на нея стихове. Като домакин на събитието, деканът на Физическия факултет при Софийския университет „Св. Климент Охридски“ проф. Райновски поздрави присъстващите и благодари за тази инициатива на Съюза на физиците в България, катедра „Обща физика“ и роднините на Антония (Нина) Пеева. Той си за спомни доц. Пеева – неуморен организатор на обществения живот на физическата колегия, а след пенсионирането си, почти до сетните си дни, всеки ден на поста си в офиса на Клона, чиито членове през ранните 80 години на ХХ в. са наброявали над 800.

От името на УС на СФБ думи за „Добре дошли“ произнесе и проф. Евгения Вълчева – зам.-председател на Съюза. Доц. д-р Елена Кашчиева, бивш зам.-председател на Софийския клон на Съюза – физик, дългогодишен преподавател и изследовател в ХТМУ, автор на 6 поетични книги, рецитира свое стихотворение, което бе посветила специално за повода – „Поклон пред паметта на доц. Нина Пеева по случай 100 години от рождението ѝ“. След нея доц. д-р Николай Щърбов – братовчед на доц. Пеева, благодари сърдечно на Ръководството на Факултета и на катедрите „Обща физика“ и „Атомна физика“ за това, че толкова много години са запазили архивните материали и вещите на Нина, останали в кабинета и в бюрото ѝ, без които това честване нямаше да бъде възможно. Той

представи подготвеното заедно със съпругата му доц. д-р Кирилка Щърбова животоописание на Нина в снимки и документи – родовите корени и дейността ѝ като учен, преподавател и общественик. През житейските спомени, оставила след себе, си видяхме Нина като дете, девойка, като кипяща от ентузиазъм светла личност, увлякла по физиката дузина деца „от родата“... Проследихме нейното умение да се бори, да бъде вдъхновена и вдъхновяваща, артистична и неуморна, увличаща хората около себе си... Надникнахме и в близкото ѝ обкръжение, в което артистичната ѝ натура е събрала около себе си като във фокус кръг от лекари, артисти, писатели, юристи и физици – все интелигентни и ярки хора. А на изложбата с лични вещи, разположена пред залата, можехме да „срещнем“ и „другата Нина“, която непрестанно е рисувала в свободното си време – акварели, скици с молив, дори последната ѝ кутия маслени бои и последният акварел ни напомниха за таланта ѝ на надарен художник.

За доц. Пеева ни разказа и Васил Гурев – основател и ръководител на Университетския аварийно-спасителен отряд. Той ни представи наукометрични данни за доц. Пеева – пълен списък на издирените от него публикации на доц. Пеева, пътя на научните ѝ търсения заедно с по-интересните резултати от изследванията ѝ... Той, работил с доц. Пеева в областта на доброволческата помощ за подпомагане на децата-сираци от дома „Райна Княгиня“ в гр. Роман, сподели мили спомени за радостта на децата от обичта и вниманието, с което са били обградени, за тяхната признателност, за умението да запалиш детските сърца и да оставиш в тях вярна дияря... Проф. Ренна Дюлгерова също разказа за съвместната си доброволческа дейност с доц. Пеева, за това как стоята на Софийския клон на СФБ и малкият апартамент на ул. „Гогол“ № 21, в който доц. Пеева е живяла, са били превърнати в складове, в които тя е събирала подаръците за децата-сираци.

Професор Лалов сподели как преди масовото навлизане на компютрите доц. Пеева е създавала и поддържала картотека на физиците от София, благодарение на която немалко млади физици успяха постъпят и да се развиват като професионалисти в научни звена на БАН, катедри в университетите и в столичните училища. Сред редицата млади хора, на които тя е успяла да помогне и насочи в изследователските академични кръгове е бил и акад. Александър Петров, които бе подготвил и изпратил спомени за доц. Пеева, прочетени от г-жа Божидара Цекова – актриса и писател, която също сподели спомени за доц. Пеева.

Аудитория „Проф. Карамихайлова“ бе пълна с приятели на доц. Пеева и хора, които пазеха прекрасни спомени за нея. Сред тях бяха алергологът д-р Лиляна Райчева, поет и писател, близката ѝ сътрудничка в катедра „Обща физика“ Величка Драганова, дългогодишният експерт по физика в РУО – София

Елка Златкова, както и бившата дългогодишна учителка по физика в 31 СУЧЕМ и член на ръководството на Софийския клон на Съюза – Венета Вановска, проф. Васил Ловчинов, колеги от Физическия факултет и БАН. Накрая г-жа Пенка Лазарова – физик и популяризатор на науката, разказа за рядката дарба на доц. Пеева да открива сред колегите личности, които всеотдайно като нея да работят за каузата на физиката и като редови членове, и като ръководители, за ролята ѝ като обединител на физиците от различни възрасти и с различна месторабота, като инициатор и неуморен организатор на всички прояви на Дружеството и на Съюза на физиците в България.

Благодарим сърдечно на всички, които почетоха паметта на доц. Пеева и със сгрънни сърца разгледаха избрана колекция от личния ѝ архив, записките ѝ за водените курсове по физика за химици и биохимици, дневниците ѝ от проведените изпити, наградите, с които е била удостоена, албумите с фотографии и някои запазени нейни хумористични скици от средата на 60те години на XX в.

Събитието беше отразено в репортаж на Националната студентска телевизия „АЛМА МАТЕР“.

<https://amtv.bg/mam/годишнина-на-доц-пеева-от-факултета-по/>

НАЦИОНАЛЕН ОНЛАЙН ФОТОКОНКУРС
за ученици (гимназиален етап) и за студенти
на тема:

„ФИЗИКА, ХАРМОНИЯ И ФЕНОМЕНИ В ПРИРОДАТА“

част от Младежка научна сесия в рамките на 52-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика (13-16 юни 2024 г., Сливен)

Повече информация на
<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/52NK.html>

Краен срок – 10 май 2024 г.

Рубриката „Млади изследователи“ се осъществява с
финансовата подкрепа на фондация „Еврика“



ОТКРИТИЯТА, БЕЗ КОИТО СВЕТЪТ НЯМАШЕ ДА Е СЪЩИЯТ*

Мария Николова,
Научен ръководител: Пенка Василева,
СУ „Хаджи Мина Пашов“ – Сливен

Физиката като наука се отличава от останалите науки, защото крие нещо специално в себе си. В продължение на стотици години физиката предоставя основните знания, необходими да разберем средата около нас.

Хората проучват, изследват и изказват много мнения за света. Невинаги се постига желаното – това, което искаме да променим в света, защото винаги има трудности, които трябва да преодолеем за да постигнем целите си, но те само провокират човешката мисъл, без да могат да я спрат. Човекът открива нови и нови неща в науката, на която отдава живота си в търсене на по-добро бъдеще. Както казва Алберт Айнщайн: „*Великите мисли идват в главата на човека толкова рядко, че никак не е трудно да се запомнят*“ и да се превърнат в откритие.

Физиката е в основата на много технологични постижения. Ето някои от откритията във физиката, които промениха света:

Принцип на Архимед

Архимед е гръцки физик, математик, инженер, астроном и изобретател. Въпреки че не знаем много за него, той се смята за един от водещите физици на всички времена. Най-значимото му откритие – принципът на Архимед, ни помогна да разберем по-добре динамиката на флуидите. Принципът гласи, че насочената нагоре сила (Архимедова сила), която се упражнява върху обект, потопен в течност, независимо дали е частично или напълно потопен, е равна на теглото на изместената течност. Това ни позволи да изчислим плаваемостта на обект, който е частично или напълно потопен. Принципът ни помогна да разберем как и защо обектите плават.

Днес принципът на Архимед се използва при определяне на относителната плътност на дадено вещество, както и при проектирането на подводници и кораби. Използва се и при определяне на теглото на балони с горещ въздух

* Отлично есе във възрастовата група 9 – 12 кл. в Националния конкурс за есе „Чрез физиката откриваме и променяме света“.

чрез промяна на количеството горещ въздух в балона.

Инерция

Инерцията е откритие, направено от Галилео Галилей, италиански физик, астроном и инженер, който се счита за бащата на наблюдателната астрономия. Преди Ренесанса светът използва теорията на Аристотел за движението, която заявява, че при липса на външна движеща сила всички обекти на Земята ще спрат, а движещите се обекти ще бъдат в движение, докато върху тях действа сила.

Много философи оспорват тази теория за движението, а Галилео Галилей взема модела на Коперник и подобрява широко известната теория за движението. Той заявява, че обект, движещ се върху равна повърхност, ще продължи да се движи в същата посока с постоянна скорост, освен ако не бъде нарушено това състояние под действието на странични фактори. След това Исак Нютон издига принципа на инерцията като първи от неговите закони за движение, който гласи, че всеки обект остава в състояние на покой или равномерно движение по права линия, освен ако върху него не действа външна сила.

Има три вида инерции:

- Инерцията на движението е неспособността на обекта да промени състоянието си на покой без външна сила.
- Инерцията на покой – това е неспособността на обекта да променя състоянията си на движение сам.
- Инерция на посоката – определя се като неспособността на физическия обект сам да промени посоката на движение.
- Приложения на инерцията в ежедневието:
- Инерцията на движение поддържа сателитите да се движат в кръгово движение около планетите.
- Инерцията на покой се прилага, когато листата и плодовете са на дървото. Когато дървото се разклати, състоянието на покой на листата и плодовете се нарушава и те падат.
- Спортистите в дълъг скок се привеждат в състояние на инерция на движение, за да се задвижат на по-голямо разстояние.

Инерцията също е приложимият принцип, който е използван при разработването на предпазните колани. Те действат като външна сила, която поддържа тялото ви на място, когато кола се сблъска с чужд предмет. При инцидент горната част на тялото ви е изхвърлена в състояние на движение и то се опитва да се придвижи напред поради инерцията на движението, но предпазният колан отменя силата.

Принцип на Паскал

Принципът е известен също като закон или принцип на предаване на налягането на течността. Той гласи, че промяната в налягането във всяка точка на затворена несвиваема течност се предава през течността, така че същата промяна в налягането възниква навсякъде.

Принципът на Паскал има различни приложения:

➤ Усилване на силата в спирачните системи в повечето моторни превозни средства.

➤ Повдигане на вода в занаятчийски кладенци, язовири и водни кули.

➤ При гмуркане при изчисляване на атмосферното налягане под водата.

След широкото приложение на принципа, Блез Паскал разширява работата си в изучаването на хидростатистиката и хидродинамиката. Той продължава да работи върху различни изобретения, включително хидравличната преса и спринцовката, които са полезни в съвременното здравеопазване.

Закон за гравитацията

Исак Нютон е може би един от най-великите физици на всички времена. Прави редица открития във физиката, като с огромно значение са неговите закони за гравитацията и движението.

Законът на Нютон за универсалната гравитация гласи, че всяко тяло привлича всяко друго тяло във Вселената със сила, която е обратно пропорционална на квадрата на разстоянието между техните центрове и право пропорционална на произведението на техните маси.

Този принцип бележи обединението на други обяснения на гравитацията на Земята. Най-доброто обяснение на Закона за гравитацията на Нютон е, че гравитацията на Слънцето поддържа Земята в орбита около Слънцето, което създава правилните условия за поддържане на живот на Земята.

Електричество

Съвременният свят зависи от великата работа, извършена от Томас Едисон и Никола Тесла. Тези двама мъже създават генератори, които могат да генерират електричество за търговска и жилищна употреба. Работата на Никола Тесла по усъвършенстването на генератора на постоянен ток на Едисън обаче го кара да открие начин за генериране и предаване на електричество с променлив ток.

Благодарение на бобината на Тесла, която е в основата на модерния трансформатор за високо напрежение, е възможно предаването на енергия на дълги разстояния.

Днес водноелектрическите централи могат да генерират енергия с високо напрежение, което може да се предава на големи разстояния. Това стимулира

индустриалната революция и е отговорно за света, какъвто го познаваме днес.

Електричеството помага за въвеждането на иновации, които използват електромагнитна индукция. Например производителите на автомобили използват машини с електромагнити за повдигане на тежки товари, които може да са невъзможни за преместване.

Рентгенови лъчи

Преди 1895 г. рентгеновите лъчи са вид неидентифицирано лъчение, генерирано от експериментални газоразрядни тръби, открити от учени, изследващи катодни лъчи. Германският професор по физика Вилхелм Ръонтген ги открива, когато експериментира с тръби на Крукс и Ленард.

Ръонтген забелязва слабо зелено сияние от екрана и вижда, че рентгеновите лъчи преминават през картоната, за да накарат екрана да свети. При по-нататъшно проучване той забелязва, че могат да преминат през документите и книгите на бюрото му. Той открива медицинската им употреба, когато прави снимка на ръката на жена си върху фотографска плака. Благодарение на откритието му съвременната медицина се възползва значително от радиологията. Джон Хол-Едуардс е първият лекар, използвал рентгеновите лъчи при хирургическа операция.

Рентгеновите лъчи се генерират от рентгенова тръба, която по същество е вакуумна лампа, която използва високо напрежение, за да ускори електроните, освободени с висока скорост от горещ катод. След това електроните се сблъскват с метална мишена, анода, който след това произвежда рентгеновите лъчи.

Термодинамика

Много закони се опитват да обяснят термодинамиката, но вторият закон е най-приложим днес. Той гласи, че общата ентропия на изолирана система никога не може да намалее с времето и остава постоянна във всички процеси, които са обратими.

Термодинамиката разглежда промените в температурата и разбирането как тя влияе на различните състояния на материята. Например, когато става въпрос за архитектура и строителство, температурата играе огромна роля в това кои материали се използват и как ще бъдат използвани за постигане на целите на строителния проект.

Големият взрив

Има много истории за произхода на Земята, но най-точната теория за Големия взрив е космологичен модел на наблюдаваната Вселена от най-ранните известни периоди. Фред Хойл, английски астроном, пръв създава теорията.

Теориите се основават на хипотезата, че материята във Вселената е създадена от един голям взрив в миналото. Въпреки че има други истории за произхода на Вселената и как се е появил животът, теорията за Големия взрив се оказва, че разказва най-добрата история.

Теорията, създадена за първи път през 1949 г., е в основата на стотици изследвания от най-умните астрономи, които познаваме днес. Помага ни да разберем галактиката и Вселената, както и произхода на живота на Земята.

Обща теория на относителността

Общата теория на относителността е създадена от Алберт Айнщайн, най-великия физик на нашето време. Той усъвършенства закона на Нютон за всемирното привличане и обобщава Специалната теория на относителността. Резултатът е единно описание на гравитацията като геометрично свойство на пространството и времето.

Айнщайн установява, че кривината на пространство-времето е право пропорционална на енергията и импулса на присъстващата материя и радиация.

Общата теория на относителността може да се използва за предсказване на всичко – от съществуването на черни дупки до огъване на светлината поради гравитацията и др. За разлика от други закони и теории, Общата теория на относителността няма инвариантни геометрични фонове структури. Поради тази причина законите на физиката са еднакви за всички наблюдатели.

Хигс бозон

Стандартният модел на физиката на елементарните частици все още не е завършен и учените търсят съществуването на частица, която да го завърши. Стандартният модел е само теоретизиран и никога не е наблюдаван.

Въпреки това Фабиола Джаноти обяви резултатите от изследвания, които отнемат няколко десетилетия, за да се извършат с помощта на най-големия ускорител на частици. Резултатите показват директни доказателства за съществуването на Хигс бозона.

Това е субатомна частица, която е отговорна за придаването на маса на всички фундаментални частици. Нейното съществуване обяснява, защо слабата ядрена сила не се разпространява върху голяма площ, както при електромагнетизма. Хигс бозонът е открит през 2012 г. и е един от най-значимите пробиви във физиката на XXI в.

Физиката играе важна роля в откриването на начини, по които можем да направим живота по-лесен. Освен това ни помага да разберем света. Ние сме хора на миналото и бъдещето, които живеят в настоящето и ежедневно се опитваме да променим света. И както казва Алберт Айнщайн: „*Като цяло*

науката не е нищо повече от рафиниране на ежедневно ни мислене“. Просто не трябва да спираме да мислим за ... мечтите си!

Източници:

<https://www.khanacademy.org/>

<https://www.forbes.org/>

КАК КОСМИЧЕСКИТЕ ПЪТУВАНИЯ ЩЕ ПРОМЕНЯТ СВЕТА**

Никола Неев,
Научен ръководител: Анна Маликсетиян,
151 Национално средно училище „София“ – София

Космическите пътувания пленяват въображението на човечеството от десетилетия с безброй художествени произведения и безброй усилия в реалния свят, посветени на достигането на звездите. Въпреки че изследването на Космоса често се смята за домейн на учени и авантюристи, последните развиятия предполагат, че то може да има дълбоко въздействие върху света като цяло. В това есе ще проуча как космическите пътувания ще променят света – от технологичния напредък до нови икономически възможности и повишено чувство за глобална общност.

Един от най-значимите начини, по които космическото пътуване ще промени света, е чрез технологичния напредък. В исторически план много от технологичните иновации, които днес приемаме за даденост, са били движени от изследването на Космоса. Например сателитната технология е разработена за подпомагане на космически мисии, но сега тя е неразделна част от нашето ежедневие, захранвайки всичко – от GPS системи до прогнози за времето. Докато продължаваме да изследваме Космоса, несъмнено ще разработим нови технологии, които ще преобразят живота ни по начини, които все още не можем да си представим.

Освен технологичния напредък, космическите пътувания предлагат и нови икономически възможности. Тъй като Космосът става все по-достъпен,

**Отлично есе във възрастовата група 5 – 8 кл. в Националния конкурс за есе „Чрез физиката откриваме и променяме света“.

ще видим нарастване на комерсиалните космически начинания като космически туризъм и добив на астероиди. Тези дейности не само ще създадат нови работни места, но и ще осигурят нови източници на богатство и инвестиции. Нещо повече, пътуването в Космоса може дори да ни позволи да разширим нашето разбиране за нашата планета и да намерим нови начини за справяне с глобални проблеми като изменението на климата и изчерпването на ресурсите.

Друг начин, по който космическото пътуване ще промени света, е чрез насърчаване на чувството за глобална общност. Идеята за изследване на Космоса и откриване на нови светове е обединяваща, надхвърляща националните граници и културните различия. Докато работим заедно за изследване на Космоса, ние ще изградим нови взаимоотношения и ще развием по-голяма оценка за взаимозависимостта на всички нации. Това усещане за глобална общност може да помогне за насърчаване на мира и разбирателството, намаляване на конфликтите и увеличаване на сътрудничеството по въпроси, които засягат всички ни.

Разбира се, има и предизвикателства, свързани с космическите пътувания. Докато се впускаме по-навътре в Космоса, ще трябва да се изправим пред рисковете и несигурността на изследването на дълбокия Космос. Освен това ще трябва да гарантираме, че пътуването в Космоса е достъпно за всички, а не само за малцина привилегировани. Въпреки това, тези предизвикателства се компенсират от огромните потенциални ползи, които космическите пътувания предлагат.

В заключение, пътуването в Космоса е готово да трансформира света по безброй начини – от технологичния напредък до нови икономически възможности и по-голямо чувство за глобална общност. Докато продължаваме да изследваме Космоса, несъмнено ще се сблъскаме с нови предизвикателства и възможности. Но ако подходим към космическото пътуване с чувство на любопитство и сътрудничество, може да отключим пълния потенциал на тази вълнуваща граница и да променим света към по-добро.

ХАРЕСАЙТЕ СТРАНИЦАТА НА СПИСАНИЕТО ВЪВ FACEBOOK

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

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

Банкова сметка на СФБ:
IBAN: BG91FINV91501215737609
BIC: FINVBGSF
ПЪРВА ИНВЕСТИЦИОННА БАНКА

Корица:
<https://www.rawpixel.com/image/3337661/free-photo-image-quantum-physics-atom>

НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. д.т.н., Технически университет, София;
Александър Драйшу – чл.-кор., Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;

Анна М. Секереш – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Юлия Мутафчиева – Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика,
БАН;

Георги Иванов – фотограф;

Георги Стоев – студент II курс, Физически факултет, СУ „Св. Климент
Охридски“;

Димана Григорова – студент II курс, Физически факултет, СУ „Св. Климент
Охридски“;

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

Веселина Енева – инж., зам.-директор на Националния политехнически музей;

Ана Георгиева – проф. д.ф.з.н., Институт за изследвания на климата,
атмосферата и водите – БАН;

Теодора Конова – Зам-директор на СУ „Васил Левски“, Севлиево;

Иван Лалов – проф. д.ф.з.н, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

Галя Деянова – Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

Мария Николова – ученичка в 12 кл., СУ „Хаджи Мина Пашов“ – гр. Сливен;

Никола Неев – ученик 7 кл., 151 Национално средно училище „София“ – гр.
София

Фондация „Еврика“ е основана през 1990 година за подпомагане на даровити деца и млади хора при реализирането на проекти в областта на науката, техниката и управлението; подкрепа на младите новатори и предприемачи, разпространение на научни, технически и икономически знания; усъвършенстване на материалната база за научно и техническо творчество; подпомагане на обучението и специализацията, на международното сътрудничество в областта на науката и техниката.

Фондацията осъществява пет програми:

Таланти – Програмата има за цел издирването и развитието на надарени млади хора в областта на науката, техниката, технологиите и управлението. Чрез нея се подпомага обучението на талантливи младежи, подкрепя се участието им в научно-технически изяви, стимулира се провеждането на школи, летни университети и др.

Научни изследвания – Програмата има за цел да подпомага научните изследвания на младите учени във фундаменталните области на науката и по този начин да осигурява възможност за научна изява и развитие. Подкрепя финансово публикации на млади учени в реферирани списания с импакт фактор.

Информация, издания, изяви и международно сътрудничество – Чрез програма „Информация, издания, изяви и международно сътрудничество“ се организират дейностите на фондацията, свързани с информационното осигуряване и разпространението на научно-технически знания сред младежта и децата, организирането на изяви за наука и техника, технологии и управление – конкурси, симпозиуми, семинари, кръгли маси, школи, научно-технически състезания, олимпиади, изложби, да насърчава международното сътрудничество на младите хора и техните организации в областта на науката, техниката, технологиите и управлението, както и да подпомага деловите им контакти със сродни организации в други страни.

Насърчаване на стопански инициативи – Чрез програма „Насърчаване на стопански инициативи“ се насочва и координира дейността на фондацията за стимулиране на създаването и внедряването на научно-технически идеи и разработки и други стопански инициативи на младежки колективи и търговски дружества на млади хора, както и на отделни младежи на възраст до 35 години.

Развитие – Програмата има за цел да подпомага ускореното развитие на съвместни дейности на програмна и проектна основа с международни, чуждестранни и национални организации и институции, в рамките на целите и предмета на дейност на фондацията.

За делови контакти: София 1000, бул. „Патриарх Евтимий“ No1
Тел: (02) 9815181; тел/факс: (02) 9815483
E-mail: office@evrika.org

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 4'2023 СЪДЪРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННО

НАУКА

– А. Драйшу – Нобеловата награда по физика за 2023-та година и приносът на български изследовател към нея

ГОДИШНИНА

– А. Секереш, С. Александрова – Лаборатория „Полупроводникови хетероструктури“ в ИФТТ при БАН, част 2

ЛЮБОПИТНО

– С. Александрова – Знаят ли извънземните за нас – Уникалният експеримент на Карл Сейгън

НОВИНИ

– Ю. Мутафчиева – Национален форум за съвременни космически изследвания – IV

ИСТОРИЯ

Д. Григорова, С. Лалковски – 110 години от откритието на закона на Мозли

ФИЗИКА И ОБЩЕСТВО

– В. Енева – Необикновените уроци по физика в Националния политехнически музей

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– А. Георгиева, Т. Конова – Национален фестивал „Наука на сцената 9“ – един празник за учители и ученици в Севлиево

PERSONALIA

– И. Лалов – Проф. Никола Балабанов
– Г. Деянова – Възпоменателна вечер по повод 100-годишнината от рождението на доц. Антония Пеева

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

– М. Николова – Откритията, без които светът нямаше да е същият
– Н. Неев – Как космическите пътувания ще променят света

THE WORLD OF PHYSICS 4'2023 CONTENTS

EDITORIAL 251

AWARDS

– A. Dreischuh – The 2023 Nobel Prize in Physics and the Contribution of a Bulgarian Researcher 253

ANNIVERSARY

– A. Szekeres, S. Alexandrova – Laboratory of Semiconductor Heterostructures at ISSP – BAS, part II 270

CURIOS

– S. Alexandrova – Do Aliens Know about Us – Carl Sagan's Unique Experiment 287

NEWS

– Y. Mutafchieva – National Forum for Modern Space Research – IV 295

HISTORY

– D. Grigorova, S. Lalkovski – 110 Years since the Discovery of Moseley's Law 299

PHYSICS AND SOCIETY

– V. Eneva – The Remarkable Physics Lessons at the National Polytechnic Museum 305

SCIENCE AND SOCIETY

– A. Georgieva, T. Konova – National Festival „Science on Stage 9“ – a Celebration for Teachers and Students in Sevlievo 313

PERSONALIA

– I. Lalov – Prof. Nikola Balabanov 320
– G. Deyanova – Memorial evening on the 100th birth anniversary of Assoc. Prof. Antonia Peeva 324

YOUNG RESEARCHERS

– M. Nikolova – The Discoveries that Made a Difference to the World 327
– N. Neev – How Space Travel will Change the World 332