



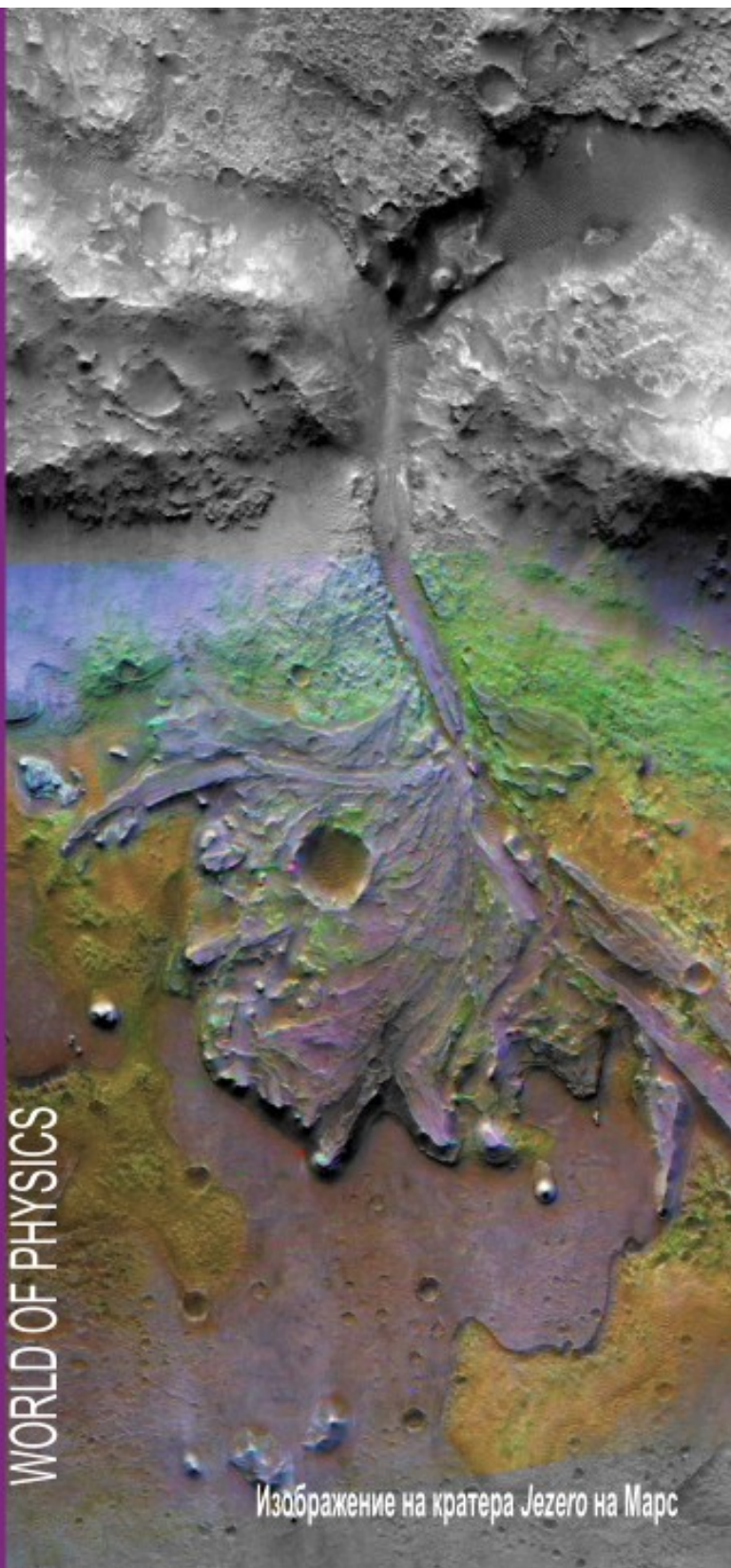
съюз на физиците
в БЪЛГАРИЯ

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

1'21

WORLD OF PHYSICS

Изображение на кратера Jezero на Марс



С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XLIV, кн. 1, 2021 г.

Издание на Съюза на физиците в България

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

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Сашка Александрова

ЗАМЕСТНИК-ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Ана Георгиева, Мариана Кънева

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

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

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

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

ВОДЕЩ БРОЯ: Сашка Александрова

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva, Mariana Kuneva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

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

EDITORIAL COUNCIL

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

VOLUME EDITOR: Sashka Alexandrova

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 862 76 60

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861-4210

РЕДАКЦИОННО

2020 г. – Предизвикателства и постижения

Изминалата 2020 г. несъмнено ще остане в историята като година на глобална криза, предизвикана от разпространението на *COVID-19*. По целия свят хората трябваше да променят начина си на работа, нагласата и баланса между професионалния и личния живот, за да се справят с неподозираните предизвикателства. В нормалните времена науката е сложна система от изследвания, преподаване, наставничество, оформяне на проекти, обмен на научни данни и информация, оформяне на статии и публикуване. Поради разрастващата се пандемия много лаборатории бяха затворени или продължиха работа с намален капацитет, конференции, семинари и срещи бяха отложени или изобщо отменени. След първоначалния шок обаче научната общност показва безпрецедентна ангажираност към появилите се проблеми. За щастие, тази криза идва във важен момент от технологичното развитие. За разлика от легендарната история от XVII в. за Нютон, който е бил принуден да прекара в пълна изолация значителен период от време заради чумна пандемия, сега разполагаме със световната мрежа *World Wide Web (WWW)*, която, да не забравяме, беше разработена първоначално за обмен на информация между физиците по цял свят и която се превърна в неотменна част от достъпа до информация. Общуването, много важно за науката, както и преподаването в училищата и университетите, премина почти изцяло в дистанционна форма посредством различни интернет платформи.

Трудно е да се обхванат последствията от пандемията за физическите науки и науката като цяло. Въпреки че повечето основни изследвания бяха спрени, някои лаборатории остават отворени, главно които изучават вируса или неговото въздействие. Физиката е важна част в интердисциплинарната борба срещу вируса. Заедно с учени от други дисциплини физиците дават важен принос за справяне с пандемията – от прилагане на съвременни измервателни техники до експерименти върху механизмите за разпространение на вируса и моделиране на общата епидемиологична динамика. Още през февруари 2020 г. рентгенови изследвания помогнаха да се изясни структурата на ключов протеин в коронавируса, който участва в репликацията на вируси. Такива изследвания допринасят при търсенето на лекарствени средства.

Фокусът на цялото общество върху *COVID-19* оставя в сянка постиженията в други области на науката. Въпреки трудните условия изминалата 2020 година има своите пробиви във физиката и „Светът на физиката“ посвещава усилията си да информира своите читатели за тези постижения. Списанието също работи в неблагоприятната обстановка, но продължи да излиза редовно

благодарение на активните усилия на Редакционната колегия и ангажираното участие на колегите-автори.

На пробивите на физиката в различни области за 2020 г. е посветена статията ни за най-ярките постижения във физиката за това време. Става дума за магнетари, слънчево неутрино, термоядрен реактор, светоизлъчващ силиций, свръхпроводимост при стайна температура, квантово измерване.

През 2020 г. за отбелязване на златния 50-ти юбилей на *Physical Review C*, най-значимото научно списание, посветено на ядрената физика, редакторите на списанието избират от архива си три основополагащи статии с голямо значение за развитието на нови направления. Прочетете кои са те, както и за участието на български учени в изследванията.

Предлагаме и други интересни теми: за слънчевите петна, галактичните лъчи и климата на Земята; за проекта за българска наблюдателна станция на разпределения паневропейски радиотелескоп *LOFAR*; за новия рекорд за точно определяне на константата на фината структура; за световноизвестен руски учен, авторитет по физика на неутрино, за когото пътят в науката е през новите идеи, които отначало, преди да се превърнат в мода, често са непопулярни; за това как минава един работен ден на една докторантка последна година, избрала да „прави наука“ в България; за млад български учен, който реализира идеите си в чужбина и плодотворната му ваканция у дома. Има и още.

Приятно четене!

Сашка Александрова,
главен редактор на „Светът на физиката“

49-ТА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

на тема:

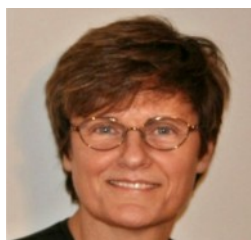
„Физиката в STEM образованието в средните и във висшите училища“
4 – 6 юни 2021 г., град Видин

Повече информация на
<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/49NK.html>

НАЙ-ЯРКИТЕ ПОСТИЖЕНИЯ ВЪВ ФИЗИКАТА ПРЕЗ 2020 ГОДИНА

Динко Динев

Изминалата 2020 г. премина под знака на безпрецедентната битка на човечеството с пандемията от вируса *SARS-CoV-2*. Това даде отражение върху всички сфери на живота, в т.ч. и науката. Обзорът на най-важните събития в науката на списание „*Science*“ е под мотото: „*A year like no other*“. А в списъка на десетте учени, най-силно повлияли развитието на науката през изминалата година на списание „*Nature*“, преобладават героите от битката с *COVID-19*. Ето трима от тях.



Каталин Карико (*Katalin Kariko*). Унгарската биохимичка в продължение на 40 години работи върху приложението на технологията на информационната РНК (*mRNA*) в имунологията и терапиите, преодолявайки стената от неприемане и липсата на финансиране. През 2005 г. заедно с имунолога Д. Вайсман (*Drew Weisman*) успяват да се справят с нежеланите странични реакции, създавайки т.нар. модифицирани *mRNA*, с което проправят пътя на едно ново направление в медицината. Идеите и патентите на професор Карико са в основата на ваксините срещу *COVID-19* на компаниите *Pfizer/BioNTech* и *Moderna*. Заедно с Д. Вайсман са основни кандидати за Нобелова награда.

Джанг Йонгджен (*Zhang Yongzhen*). Битката срещу *SARS-CoV-2* започва на 11 януари 2020 г. в Шанхай, когато вирусологът Джанг Йонгджен, след дни на колебание, решава да публикува генома на вируса, предизвикващ атипична пневмония в Ухан. Той показва, че новият вирус е коронавирус, подобен на този, предизвикал епидемията от 2003 г.



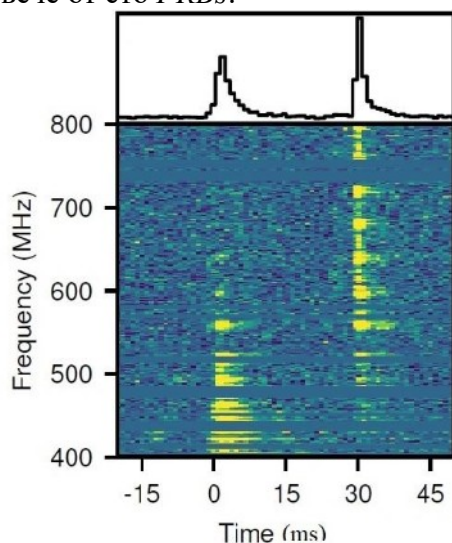
Антъни Фаучи (*Anthony Fauci*) – легендарният епидемиолог с над 40-годишен стаж, директор на Националният институт по алергични и заразни болести (*NIAID*) на САЩ. Той е бил съветник на 6 президенти и е водил битките с ХИВ, Ебола, Зика и срещу заплахите от биологично оръжие. Сега, често в конфликт с президента Доналд Тръмп, Фаучи оглавява битката на САЩ с новата вирусна заплаха, превръщайки се в „докторът на нацията“.

Въпреки извънредната ситуация 2020 донесе немалко забележителни постижения и във физиката. В този обзор ще се спра на няколко от най-ярките. Обзорът е изготвен въз основа на материали, публику-

вани в списанията „Nature“ и „Science“, сайта „Physics World“, „PIA Новосту“ и други Интернет източници.

Намерен е източникът на загадъчните бързи космически радиоимпулси

През 2007 г. бяха открити единични мощни радиоимпулси, идващи от отдалечени галактики. Тези радиоимпулси бяха наречени *Fast Radio Bursts* (*FRBs*). Продължителността на *FRBs* е няколко ms. Типичната енергия на импулсите е еквивалентна на енергията, излъчвана от Слънцето в продължение на няколко десетки години. Макар че някои *FRBs* бяха проследени до конкретни галактики, нито един телескоп не притежава достатъчна разделителна способност, за да ги свърже с конкретен обект в тези галактика. Това, че импулсите са много бързи, подсказва, че те трябва да идват от малък, но интензивен източник на енергия. Досега произходът на *FRBs* оставаше загадка. Астрономите дори се шегуваха, че има повече теории, обясняващи техния произход, отколкото са регистрираните *FRBs*. В момента са наблюдавани повече от сто *FRBs*.



Фигура 1. Спектър на *FRB* от магнетара SGB 1935+2154, регистриран от CHIME

И ето че през април 2020 г. беше регистриран *FRB*, идващ от Млечния път – достатъчно малко разстояние за да може да се изследва детайлно неговият източник (Фигура 1).

Канадският експеримент за картографиране на интензитета на водорода – *Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* (*CHIME*), локализира източника на сигнала до малка област в съзвездие Малка лисица (*Vulpecula*), на около 30 000 светлинни години от Земята. Това откритие беше потвърдено от американския радиотелескоп *STARE 2*. Той се състои от три диполни радиоантени, разположени на километри една от друга, което позволява триангулация на сигналите. Разположени на орбита телескопи откриха, че в тази област се намира известен магнетар, наречен SGR 1945+2154. Удивителното е, че точно по това време този магнетар е излъчвал интензивно рентгенови и гама лъчи. Подобно избухване на мощни рентгенови и гама лъчи се случва, когато магнетарът претърпява трус, подобен на земетресение.

Магнетарите са неутронни звезди, притежаващи изключително силно магнитно поле, до 10^{11} T. Те са експериментално открити през 1998 г. при ре-

гистрацията на мощно избухване на рентгенови и гама лъчи. Магнетарите притежават най-силните магнитни полета във Вселената. Те имат диаметър от само 20 – 30 km, но масата им е по-голяма от масата на Слънцето. Магнетарите се въртят изключително бързо, няколко оборота в секунда

Астрономите все още спорят за механизма, по който магнетарите излъчват *FRBs*.

Литература

- [1] CHIME/FRB Collaboration, A bright millisecond-duration radio burst from a Galactic magnetar, *Nature*, Vol. 587, p. 54, 4 November 2020.
- [2] C. D. Bochenek et al., A fast radio burst associated with a Galactic magnetar, *Nature*, Vol. 587, p. 59, 4 November 2020.
- [3] D. Clery, Galactic flash points to long-sought source for enigmatic radio bursts, *Science*, 8 June 2020.

Експериментът *Borexino* регистрира *CNO* слънчево неутрино

През 2020 г. експериментът *Borexino* в подземната неутринна лаборатория *Gran Sasso* в Италия съобщи, че за първи път е регистрирано слънчево неутрино, генерирано във веригата от термоядрени реакции, известна като *CNO* цикъл. С това беше експериментално потвърдена изказаната преди повече от 80 години хипотеза, че съществува алтернативен на протон-протонния цикъл от термоядрени реакции – източник на енергията на Слънцето.

Както е известно, енергията на звездите е резултат от термоядрени реакции, които се развиват във водородно-хелиевата среда на звездата. За звездите от главната последователност са предложени няколко механизма.

Едната верига от термоядрени реакции, известна като протон-протонен цикъл, започва със сливането на два протона, които при високата температура в ядрото на звездата успяват да преодолеят кулоновата бариера и да образуват деутерий.



Без да навлизаме в подробности ще отбележим само, че нетният резултат на протон-протонния цикъл е превръщането на четири протона в хелиево ядро.



При това се отделя енергия, еквивалентна на 0,7% от масата на протоните (26,7 MeV). Протон-протонният (p-p) цикъл започва при температура $4 \cdot 10^6$ K. Затова той преобладава при звезди от главната последователност с маса равна или по-малка от слънчевата. 98% от енергията на Слънцето се дължи на p-p цикъла.

Алтернатива на p-p цикъла е т.нар. *CNO* цикъл от термоядрени реакции. Това е последователност от три свързани цикъла от термоядрени реакции, при които водород се превръща в хелий, а ролята на катализатори играят въг-

лерод (C), азот (N) и кислород (O). Тези тежки елементи се възпроизвеждат в хода на *CNO* цикъла. *CNO* цикълът е предложен през 1938 г. от Х. Бете (*Hans Bethe*) и К. Вайцекер (*Carl von Weizsacker*) независимо един от друг. Цикълът започва с ядрена реакция между ядрата на водорода и съдържащите се в звездата ядра на въглерод:



Крайният резултат на *CNO* цикъла е отново превръщането на четири протона в α -частица. *CNO* цикълът започва при температура $15 \cdot 10^6$ К. Тъй като температурата на ядрото на Слънцето е $15,7 \cdot 10^6$ К, то *CNO* цикълът дава само 2% от слънчевата енергия. *CNO* цикълът е един от основните източници на енергия в масивните звезди от главната последователност.

Един от продуктите на термоядрените реакции, даващи енергията на звездите, е неутриното. Чрез регистрация на потоците от слънчево неутрино, достигащи до Земята, и измерване на неговите характеристики физиците търсят доказателства за съществуването на *p-p* и *CNO* цикли. Слънцето е основен източник на неутриното, наблюдавано на Земята. Слънчевото неутрино представлява безценен инструмент за изследване на процесите, протичащи в нашата звезда.

Чрез слънчевото неутрино през 2014 г. е доказано съществуването на протон-протонния цикъл.



Фигура 2. Макет на неутринния детектор Borexino

През 2020 г. експериментът *Borexino* съобщи, че за първи път са получени доказателства за съществуването и на *CNO* цикъла. Хипотезата на Бете и Вайцекер получи най-накрая своето експериментално доказателство. Ако този цикъл не съществуваше, количеството на въглерод, азот и кислород в Слънцето би било много по-малко.

За регистриране на неутриното, генерирано в *CNO* цикъла, е необходим високочувствителен детектор и внимателно отстраняване на фоновия шум.

Неутринният детектор *Borexino* е изграден подобно на матрьошка (Фигура 2). Най-вътрешният слой представлява прозрачно сферично ядро, съдържащо 280 t течен сцинтилатор. Това ядро е оградено от голяма сфера от неръждаема стомана, запълнена с буферна течност. За регистриране на светлинните импулси от сцинтилатора се използват 2200 светлинни сензора. Най-отвън има още по-голяма сфера от неръждаема стомана, съдържаща 2400 t свръхчиста вода. Детекторът се намира на дълбочина 1,4 km под земята. Важен проблем е отстраняването на фоновия шум и стабилизацията на температурата на детектора. *Borexino* започва да събира информация през 2007 г.

Литература

[1] The Borexino Collaboration. Experimental evidence of neutrinos produced in the CNO fusion cycle in the Sun. *Nature*, v. 587, p. 577–582 (2020)

Технологичен пробив – създаден е светоизлъчващ силиций

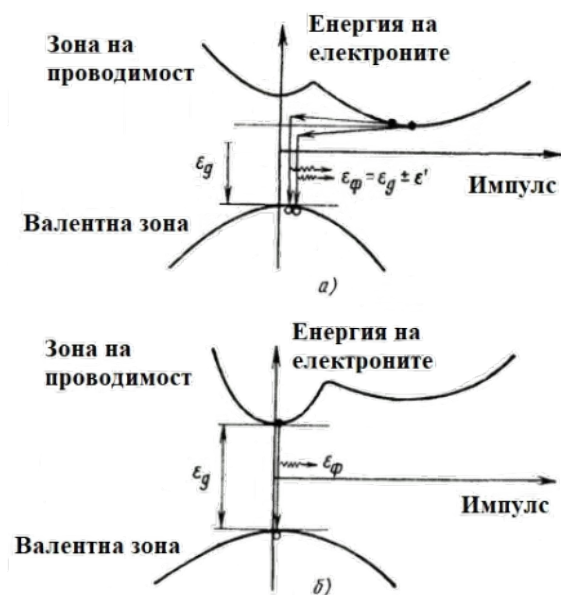
Съществуващата технология в микроелектрониката, базирана върху силициеви микрочипове, достигна тавана на своите възможности. В момента микрочиповете се основават на 7 nm технология. По-нататъшно намаляване на размерите на елементите е практически невъзможно. Проблемът е в топлината, отделяна при движението на електроните по микроскопичните медни линии, свързващи отделните транзистори. Тази топлина е достатъчна, за да увреди малките и много плътно опаковани микросхеми.

От друга страна, количеството на информацията, която трябва да се преработва, главоломно расте. Човечеството си поставя и все по-амбициозни задачи – прогнозиране на климатичните промени, създаването на нови лекарства чрез компютърно моделиране и т.н. Тези задачи изискват все по-голяма изчислителна мощност на компютрите.

Изходът е в преминаването от технология, базирана върху движението на електрони за предаване на информацията, към технология, използваща фотони, т.нар. фотоника. Фотоните нямат маса и електрически заряд. При своето движение те не изпитват съпротивление и не отделят топлина. Фотоните се движат със скоростта на светлината. Замяната на електрическите връзки в микросхемата с оптични връзки би позволило да се увеличи бързодействието на чипа с три порядъка. За да могат да се използват фотони за предаване на информацията, се нуждаем от интегриран в микрочипа миниатюрен лазер.

Основен материал на съвременните микросхеми е силицият. Но кристалният силиций е крайно неефективен при излъчването на светлина. Досега основни полупроводникови материали във фотониката са GaAs и InP. Те имат висока квантова ефективност (отношение на броя на излъчените фотони към броя на носителите, извършили прехода), но тези материали са скъпи и много трудно се интегрират в съществуващите силициеви микрочипове.

Полупроводници като Si и Ge са полупроводници с непряка забранена зона (Фигура 3). Това означава, че електрон, който се намира близо до дъното на зоната на проводимост, има импулс, различен от импулса на електрон, намиращ се близо до тавана на валентната зона. В този случай преходът от една зона в друга е възможен само при компенсиране на разликата в импулсите. Обикновено това става, като при рекомбинацията се излъчва фотон с висока енергия. Още по-съществено е обстоятелството, че раждането на фотон и на фотон трябва да стане едновременно. Това води до намаляване на вероятността за преход, който става безизлъчевателен, а квантовата ефективност на силиция и германия е много ниска.



Фигура 3. Полупроводници с непряка (а) и с пряка (б) забранени зони

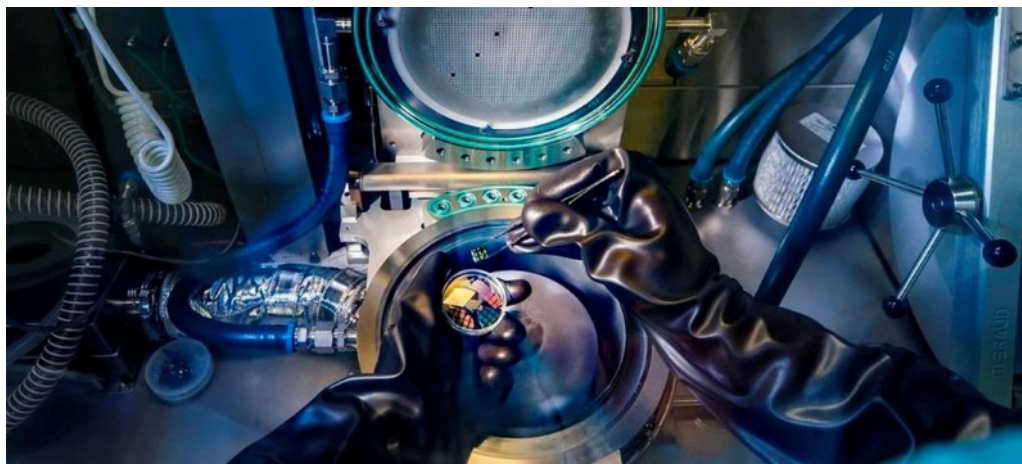
Обратно, GaAs и InP са полупроводници с пряка забранена зона. При тях електроните от най-ниските нива на зоната на проводимост и електроните в най-високите нива на валентната зона имат еднакъв импулс. При полупроводниците с пряка забранена зона вероятността за преход е висока, т.е. те имат висока квантова ефективност.

По технологични съображения силицият като материал в микроелектрониката остава без алтернатива. Но как да го накараме да излъчва ефективно светлина?

С тази задача през последните 50 години се занимават изследователи от Технологичния университет в Айндховен, съвместно с колеги от университетите в Йена, Линц и Мюнхен (Фигура 4). Те успяват да създадат сплав от Si и Ge с хексагонална кристална решетка, която притежава пряка забранена зона. Хексагоналната Si-Ge сплав е създадена за първи път през 2015 г. Но едва през миналата година на екипа се удава да получи достатъчно чист материал, отстранявайки примесните атоми и дефектите в структурата. Измерванията показват, че хексагоналната Si-Ge сплав е ефективен светоизлъчвател, сравним с GaAs.

В момента изследователите се занимават със създаването на миниатюрен силициев лазер, който е интегриран в микрочипа. Това ще позволи да се обе-

динят електронната и електронно-оптичната функционалности в единичен кристал.



Фигура 4. Оборудването за получаване на хексагонална Si-Ge сплав

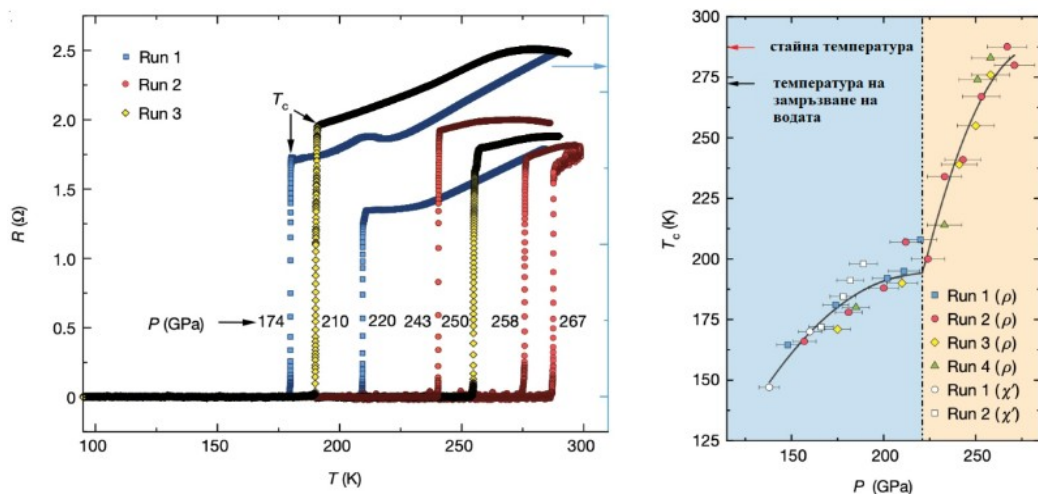
Перспективите пред новите фотонни чипове са фантастични – с тяхна помощ смартфоните и персоналните компютри ще станат сравними по производителност с настоящите (2020) суперкомпютри.

Литература

- [1] Fadaly, E.M.T., Dijkstra, A., Suckert, J.R. et al. (2020) Direct-bandgap emission from hexagonal Ge and SiGe alloys. *Nature* 580, 205–209

Свърхпроводимост при стайна температура

Екип американски физици, ръководен от Ранга Диас (*Ranga P. Dias*) от университета в Рочестър, за първи път синтезира високотемпературен свръхпроводник, който запазва своите свойства при стайна температура. Материалът представлява кристал на основата на сероводород и метан с повишено съдържание на водород – $\text{CH}_4\text{-H}_2\text{S-H}_2$. Обаче ефектът се наблюдава при високо налягане, повече от $1,4 \cdot 10^6$ atm. При налягане от няколко милиона атмосфери блоковете метан и сероводород, които имат почти еднакви размери, образуват единна матрица. Молекулите на водорода се намират в порите на тази матрица. Оказва се, че оптималното съотношение метан-сероводород-водород в материала е стехиометрично 1:1:1. Теорията на високотемпературната свръхпроводимост на Мигдал-Елиашберг показва, че при високо налягане поради електрон-фононното свързване се образуват двойки на Купер. Максималната критична температура от 287,7 K е измерена при налягане $2,67 \cdot 10^6$ atm (Фигура 5).



Фигура 5. А. Зависимост на съпротивлението на новия материал от температурата при различно налягане (ляво). Б. Зависимост на критичната температура от налягането (дясно)

Новият клас високотемпературни свръхпроводници е открит през 2010 г., когато се установява, че при много високи налягания, по-големи от 10^6 atm, хидридите на много елементи остават в свръхпроводящо състояние до много високи температури. Основна задача сега е да се намали налягането, необходимо за синтеза и използването на подобни материали.

Литература

- [1] R. F. Service, At last, room temperature superconductivity achieved, *Science*, Vol. 370, p. 273, 16 October 2020.
- [2] E. Snider *et al.*, Room-temperature superconductivity in a carbonaceous sulfur hydride, *Nature*, Vol. 586, p. 373, 14 October 2020.

Започна монтирането на международния експериментален термоядрен реактор *ITER*

На 28 юли 2020 г. започна монтирането на оборудването на международния експериментален термоядрен реактор *ITER*, който се строи в Кадараш (*Cadarache*), Южна Франция (Фигура 6). Този грандиозен проект обединява експертизата и технологичните възможности на страните от ЕС, Китай, Индия, Корея, Русия, Япония и САЩ. *ITER* ще бъде първият термоядрен реактор, при който получената в термоядрената реакция енергия ще бъде по-голяма от изразходваната за работата на реактора – т.нар. параметър Q . При *ITER* $Q = 10$.

Известно е, че енергията, запасена в ядрата на атомите, може да се освободи при два типа ядрени реакции – реакция на делене на тежки ядра на по-леки и реакция на синтез (сливане) на леки ядра в едно по-тежко ядро.



Фигура 6. Площадката на международния експериментален реактор ITER, май 2020 г.

Контролирана верижна реакция на ядрено деление се реализира в ядрените реактори, а контролирана реакция на ядрен синтез – в разработваните през последните десетилетия термоядрени реактори.

И двата вида реакции не водят до изхвърлянето в атмосферата на CO_2 и на серни и азотни окиси, което е типично за топлоелектрическите централи и което е причина за парниковия ефект. Но докато ядрените реактори са източник на големи количества дългоживущи радионуклиди, чието безопасно съхраняване е сериозен проблем, то реакцията на ядрен синтез въобще не води до производството на опасни странични продукти.

В съвременните термоядрени реактори се използва реакцията на сливане на деутериеви и тритиеви ядра:



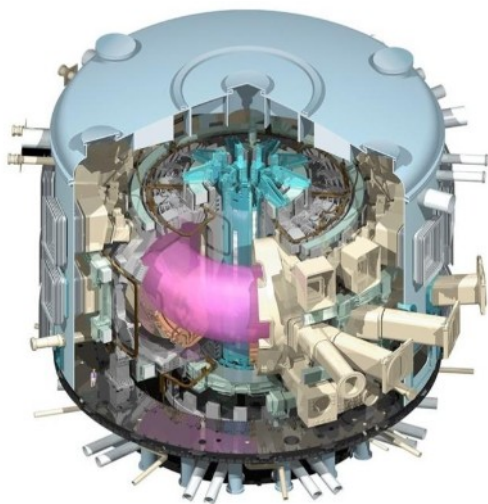
Деутерият се съдържа в обикновената вода и може лесно да се извлича от нея. Тритият е радиоактивен и не се среща в природата. За щастие достатъчни количества тритий могат да се получават в самия термоядрен реактор в резултат на реакцията:



Така че имаме един на практика неизчерпаем източник на енергия.

За да се осъществи реакцията на ядрен синтез, двете сливащи се ядра трябва да се доближат толкова близко едно до друго, че да започнат да дейст-

ват ядрените сили между нуклоните. На това сближаване се противопоставят силите на електростатично отблъскване между положително заредените ядра. Необходимо е да се преодолее т.нар. Кулонова потенциална бариера, а за това сливащите се ядра трябва да притежават достатъчно голяма кинетична енергия, т.е. температура. При реакцията на синтез на деутерий и тритий температура трябва да е по-голяма от $1,16 \cdot 10^8$ K. При толкова висока температура деутерият и тритият се превръщат в плазма, така че в термоядрените реактори термоядреният синтез протича в деутериево-тритиева (D-T) плазма. При контакт със стените на реактора плазмата се охлажда, а стените се повреждат. За удържането на плазмата от контакт със стените на реактора се използва силно магнитно поле с подходяща конфигурация на силовите линии. При D-T плазма удържащото магнитно поле B трябва да е по-голямо от 7 T. Това поле се създава от свръхпроводящи магнити, охлаждаани с течен хелий.



Фигура 7. Схема на международния експериментален термоядрен реактор *ITER*

ITER е термоядрен реактор от типа токамак. Това е термоядрен реактор с магнитно удържане на плазмата, разработен в Русия в началото на 50-те години на миналия век. Идеята е на А. Д. Сахаров и И. Е. Там. Названието означава „тороидальна камера магнитная“ (буквата „г“ е заменена на „к“, за да се изключи всякакъв намек за нещо магическо). Както личи от самото название, в токамака се използва тороидална (пръстеновидна) камера, в която D-T плазма се загрява до необходимата висока температура и се реализира управляема реакция на ядрен синтез между ядрата на тритий и деутерий.

ITER е огромно съоръжение с тегло 23 000 t и височина 30 m. Той има над 1 милион детайла (Фигура 7).

Очаква се *ITER* да започне работа през 2025 г.

Литература

- [1] М. О. Hagler, М. Kristiansen. An Introduction to Controlled Thermonuclear Fusion, Lexington Books, 1977 (руски превод: М. Хаглер, М. Кристиансен. Введение в управляемый термоядерный синтез, М. Мир, 1980).
- [2] Официален сайт на ITER: <http://www.iter.org>

Проследяване на динамиката на квантовото измерване

Джон фон Нойман (*John von Neumann*) е първият, който разглежда измерването в квантовата механика като взаимодействие между квантовата система и измервателния прибор, който също се третира като квантов обект [1]. Нека $|\psi\rangle$ е състоянието на квантовата система преди измерването. $|\psi\rangle$ може да се разложи по собствените състояния $|\psi_n\rangle$ на измерваната наблюдаема $\hat{F}$:

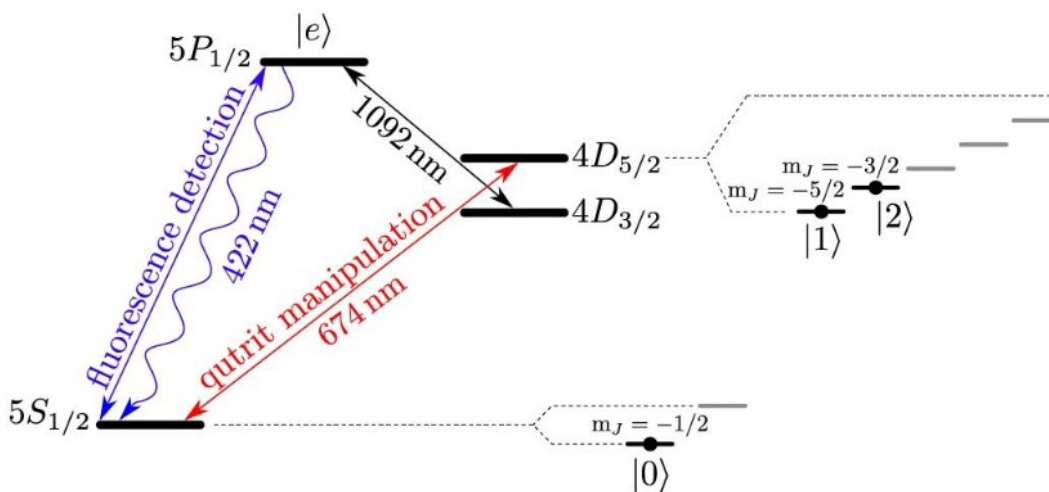
$$|\psi\rangle = \sum_n c_n |\psi_n\rangle, \hat{F}|\psi_n\rangle = f_n |\psi_n\rangle, \langle\psi|\psi\rangle = 1, \langle\psi_n|\psi_m\rangle = \delta_{nm}, c_n = \langle\psi_n|\psi\rangle \quad (6)$$

Според фон Нойман при измерването състоянието на квантовата система се изменя мигновено като протича мигновена редукция (колапс) на вълновата функция:

$$\psi \rightarrow \psi_n \quad (7)$$

с вероятност: $p_n = |c_n|^2$, т.нар. проекционен постулат. Фон Нойман разграничава два твърде различни по своята физична природа процеси: непрекъснатата еволюция на квантовата система в съответствие с уравнението на Шрьодингер между измерванията и случайното проектиране върху едно от възможните състояния на системата при измерването. Липсата на ясно физично описание на процеса на колапс на вълновата функция и досега поражда дискусии.

През 1950 г. Г. Людерс (*Gerhard Luders*) развива концепцията на фон Нойман, като показва, че могат да съществуват т.нар. „идеални“ измервания [2]. Людерс доказва, че при идеално измерване суперпозициите, включващи изродени (дегенерирали) собствени състояния, се запазват, т.е. системата запазва известна квантова кохерентност.



Фигура 8. Схема на енергетичните нива на $^{88}\text{Sr}^+$

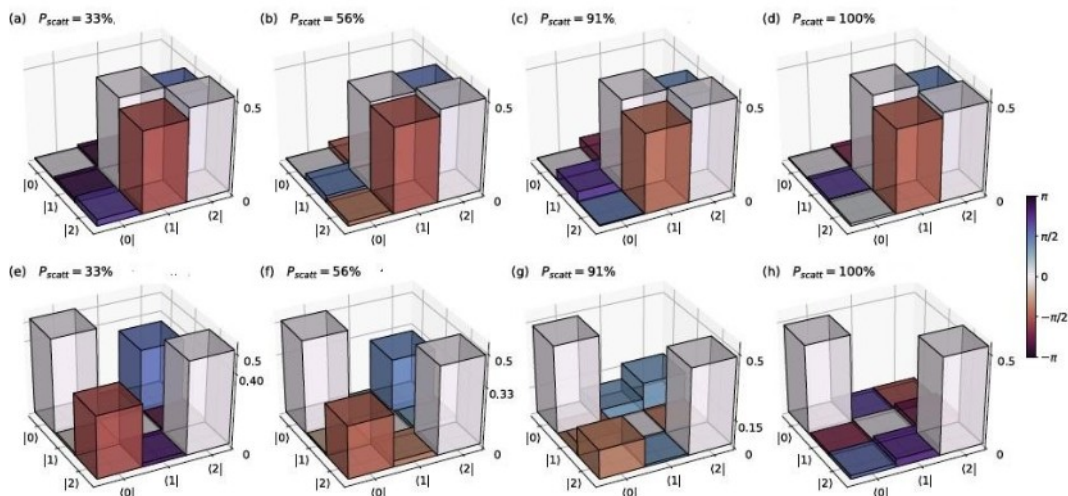
През 2020 г. изследователски екип от университети в Швеция, Испания и Германия проведе експеримент, който хвърля светлина върху природата на квантовото измерване и върху това как едно квантово измерване протича във времето [3]. Квантовата система, която разглеждат учените, представлява единичен $^{88}\text{Sr}^+$ йон, захванат с помощта на електрично поле във високочестотен капан на Паул (*linear Paul trap*). Това е еднозаряден йон на Ридбергов атом. Както е известно, в Ридберговия атом един или няколко електрона имат много голямо главно квантово число. Поради екранирането на електричното поле на ядрото от останалите електрони поведението на тези най-външни електрони е подобно на поведението на електрона във водородния атом. Схемата на енергетичните нива на $^{88}\text{Sr}^+$ е показана на Фигура 8.

С помощта на магнитно поле със сила 0,35 mT, насочено по оста на капана на Паул, и облъчване с лазер с дължина на вълната 674 nm се формира суперпозиция на три електронни състояния: $|0\rangle \equiv 5S_{1/2}, m_j = -1/2$, $|1\rangle \equiv 4D_{5/2}, m_j = -5/2$ и $|2\rangle \equiv 4D_{5/2}, m_j = -3/2$. Трите електронни състояния $|0\rangle$, $|1\rangle$ и $|2\rangle$ формират базисния *qutrit*.

Друг лазер с дължина на вълната 422 nm предизвиква преход от основното ниво $|0\rangle$ към едно краткоживущо възбудено ниво $|e\rangle \equiv 5P_{1/2}$. Измерването се състои в регистрирането на флуоресцентен фотон, излъчен при релаксацията от $|e\rangle$ към основното ниво $|0\rangle$. Началното състояние на системата е:

$$|\psi\rangle = (\alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle + \alpha_2|2\rangle)|n=0\rangle, \quad (8)$$

където n е броят на фотоните.



Фигура 9. Реконструирани от експерименталните данни матрици на плътността

Авторите успяват да проследят еволюцията на квантовата система по време на измерването. Те получават, че кохерентността между състояния

$|0\rangle$ и $|1\rangle$ и между състояния $|0\rangle$ и $|2\rangle$ се разрушава по време на измерването не мигновено, а в течение на микросекунди. Корелацията между състояния $|1\rangle$ и $|2\rangle$ обаче се запазва. След измерването състоянието на квантовата система е:

$$|\psi_m\rangle = \alpha_0|0\rangle(g_0|n=0\rangle + g_1|n=1\rangle) + (\alpha_1|1\rangle + \alpha_2|2\rangle)|n=0\rangle, \quad (9)$$

където:

$$P_{scat} = |g_1|^2, \quad |g_0|^2 + |g_1|^2 = 1 \quad (10)$$

е вероятността за излъчване на луминесцентен фотон.

Това се вижда от реконструиранияте матрици на плътността ρ (Фигура 9). [(a)-(d)] се отнася за начално състояние $\frac{1}{\sqrt{2}}(|1\rangle + i|2\rangle)$, [(e)-(h)] се отнася за начално състояние $\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + i|2\rangle)$. Недиagonalните елементи се запазват за [(a)-(d)] и намаляват до пълно изчезване за [(e)-(h)].

Литература

- [1] J. von Neumann. Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik. Springer, Berlin, 1932. Руски превод: Й. фон Нейман. Математические основания квантовой механики, М., Физматгиз, 1963.
- [2] G. Liders. Über die Zustandsänderung durch den Messprozess. Ann. Phys. V.443, p. 322, 1950. Английски превод: G. Liders. Concerning the state-change due to the measurement process. arXiv:quant-ph/0403007.
- [3] F. Pokorny, C. Zhang, G. Higgins, A. Cabello, M. Kleinmann and M. Hennrich. Tracking the dynamics of an ideal quantum measurement. Phys. Rev. Lett. v.124, p. 080401, 2020.

Физичните списания и уеб-сайтове обръщат внимание и на други забележителни събития, станали във физиката през 2020 г.:

- Получаването на Бозе-Айнщайн кондензат в лабораторията „Cold Atom“ в Международната космическа станция при температура от само 100 nK. Отсъствието на гравитация позволява провеждането на продължителни и сложни експерименти.

- Китайският квантов компютър „Цзючжан“, който за 200 s реши задача, за решаването на която стандартен суперкомпютър би трябвало да работи 2,5 милиарда години.

- Най-точното засега измерване на стойността на константата на фината структура от екип френски учени – 11 знака след десетичната точка.

- Регистрирането от лабораториите *LIGO* и *Virgo* на нови 39 групи от гравитационни вълни. С това общият брой на регистрираните гравитационни вълни става 50.

Изминалата 2020 година за пореден път показва огромното значение на науката (фундаментална и приложна) за развитието на човешката цивилиза-

ция. Именно науката е онова мощно оръжие, което ще помогне на хората да победят в битката с пандемията от *SARS-CoV-2*.

THE MOST REMARKABLE ACHIEVEMENTS IN PHYSICS IN 2020

D. Dinev

2020 was an unusual year, a year like no other. The whole year was marked by the pandemic of SARS-CoV-2 virus. Nevertheless a lot of bright discoveries in physics were made. In this review our choice falls on: revealing the source of fast radio bursts; first registration of solar neutrinos from the CNO fusion cycle; the start of ITER assembly; creating of light-emitting silicon; discovering of material with room temperature superconductivity; tracking the dynamics of quantum measurements.

Национален форум за съвременни
космически изследвания

7-8 Октомври 2021

София Тех парк,
бул. „Цариградско шосе“ № 111
София

Организира:

клон „Космос“ при СФБ

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

РАДИОТЕЛЕСКОПЪТ *LOFAR* И СЪЗДАВАНЕТО НА *LOFAR* СТАНЦИЯ В БЪЛГАРИЯ

Ангел Димитров, Евелина Захариева, Венцислав Димитров,
Марияна Джорджевич, Калоян Кирилов, Камен Козарев

През последния половин век знанието ни за Вселената се обогатява с астрономическите наблюдения в радиодиапазона, инфрачервената и ултравиолетовата област, давайки ни нова, неочаквана информация, потвърждавайки или не научните догадки и теории за природата и историята на Вселената. Но една област на Вселената все още остава скрита и неизследвана – тази в нискочестотния диапазон. *LOFAR* (съкратено от *Low-Frequency Array*) е многофункционален, високо иновативен паневропейски разпределен нискочестотен радиотелескоп (10 – 250 MHz, съответстващи на дължини на вълната 30 – 1,2 m), разработен от нидерландския Институт по радиоастрономия (*ASTRON*), за изследване на ранната и далечна Вселена, слънчевата активност, и земната атмосфера.



LOFAR се състои от интерферометрична редица от диполни антенни станции, които могат да се използват за самостоятелни и съвместни наблюдения. Благодарение на големия брой диполи (по 96 нискочестотни и още толкова високочестотни на всяка станция), *LOFAR* има огромно поле на видимост, което го прави един от най-големите радиотелескопи на света. В Нидерландия има общо 40 станции, а в цяла Европа има още 13 международни станции – в Германия, Франция, Великобритания, Швеция, Полша, Франция, Ирландия, и Латвия.

Ядрото на *LOFAR*, което е широко 2 km, се намира на 30 km от централата на *ASTRON* и приютява 24 станции. В сърцето му има 6 станции, които се

намират на остров с диаметър 320 m наречен „*Superterp*“. Данните от всички станции на *LOFAR* се изпращат чрез инфраструктура от високоскоростни оптични мрежи до централното съоръжение за обработка в университета в Грьонинген, Нидерландия. В изчислителния център данните от всички станции се комбинират и допълнително обработват с помощта на суперкомпютър. След това суровите данни се записват в клъстер за съхранение за допълнителна обработка. След финалната обработка данните се преместват в дългосрочен архив за каталогизиране и разпространение сред общността.

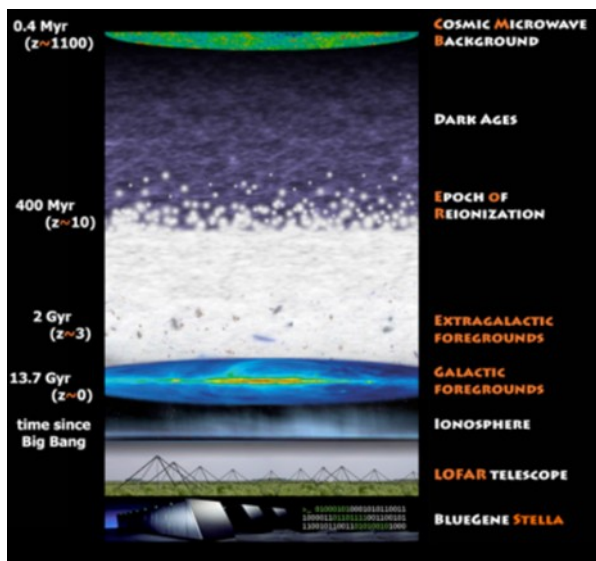


Описание на научните задачи на *LOFAR*

Изследванията с *LOFAR* са организирани в няколко ключови научни проекта (*Key Science Projects*, или *KSPs*). Тези проекти обединяват научни екипи, които с работата си и с помощта на *LOFAR* имат значителен научен принос за съвременната астрофизика и космология.

1. Епохата на реионизация в ранната Вселена

Първите звезди в ранната Вселена са формирани от „неутрална“ среда във времето скоро след Големия взрив, което е част от историята на Вселената, добре изучена през последните години посредством изследване на космическия микровълнов фон (*CMB* – *cosmic microwave background*). След като първите звезди запалват своите термоядрени реакции, те изпълват Вселената със светлина, което води до йо-



низация на обкръжаващата „неутрална“ среда. Това е познато като „Епоха на реионизация“ и изважда Вселената от „Тъмната епоха“. Къде и как започва тази реионизация е един от най-важните и все още неполучили отговор въпроси в модерната космология. Въпреки изключително важната ѝ роля, епохата на реионизация е една от най-слабо изучените части от еволюцията на Вселената. Епохата на реионизация е ключов проект за *LOFAR*, който трябва да измери дяла на неутралния газ във Вселената като функция на червеното отместване и ъгловата позиция чрез свръхфината линия на водорода при 21 cm.

2. Проучвания на звездното небе

Чувствителността и изключително голямото „зрително поле“ на *LOFAR* го правят идеален инструмент за дълбоки проучвания на много голяма площ от небето. *LOFAR* ще направи серии от уникални изследвания на нискочестотни радио източници, които ще отворят прозорец за развитие на много дялове от астрофизиката. Много важни сред тях са: формирането на масивни галактики, купове и черни дупки – използвайки за образци радиогалактики с червено отместване $z \geq 6$; магнитното поле в куповете, използвайки дифузните радиоемисии в галактични купове; формирането на звезди в ранната Вселена, проучвайки галактики с активно звездообразуване.

Този проект е оптимизиран за получаване на големи проби от различните категории извънгактични радиоизлъчващи обекти. Планът е да се изследва цялото достъпно небе на ключовите честоти 15, 30, 60, 120 MHz и 1000 квадратни градуса на 200 MHz. Проучванията ще се проведат през няколко епохи, което позволява откриването на променливи източници.

3. Краткотрайни източници

Нашата Вселена може да бъде много буйна и да се променя изключително бързо. Експлодиращи звезди гиганти, акретиращи материя свръхмасивни черни дупки, бързовъртящи се неутронни звезди – всички те могат да освободят невъобразимо количество енергия в обкръжаващата ги среда за много кратък период от време, запазвайки въпросната среда в активно състояние, отключвайки звездообразуване и регулирайки растежа на галактиките. В почти всички случаи тези събития и феномени са придружени с радиоемисии, така че, наблюдавайки в радиодиапазона, ние можем да разберем къде и колко често настъпват подобни събития и да оценим тяхното влияние върху заобикалящата ги среда. Проектът *LOFAR* се фокусира върху изследването и разбирането на гръмката и динамична Вселена чрез наблюдения на неустойчивите радио източници. Благодарение на голямото поле и многото приемници на *LOFAR*, за първи път ще можем да направим точна оценка на такива източници.

4. Наука за Слънцето и космическо време

Слънцето излъчва много силно в радиодиапазона не само по време на периоди на интензивна активност, свързани с феномени като протуберанси и коронални изхвърляния на маса, но също и по време на периоди, в които се смята за „тихо“ на други дължини на вълната. Радиоемисиите от тези феномени, са изключително интересни, тъй като са основните движещи сили на космическото време (*space weather*) и могат да окажат ефект върху космическата околна среда на Земята. Протуберансите и короналните изхвърляния на маса са също и предизвикателни за разбиране физически феномени. *LOFAR* ще отвори нов прозорец в радиоспектъра, който ще бъде изключително полезен за голям брой изследвания. Малка част от тях са например изследването на ускорени частици от слаби до силно енергетични събития, които ще могат да бъдат комбинирани с изследвания по целия спектър от други наземни и космически обсерватории. Освен това наблюденията в радиодиапазона ще помогнат и за детайлна диагностика на земните йоносфера и магнитосфера.

5. Космически магнетизъм

Въпреки познанията ни, че магнитните полета изпълват междузвездната среда, тяхното присъствие в големи и малки мащаби често е пренебрегвана тема в астрофизиката. Нискочестотното покритие на *LOFAR* създава перфектни условия за промяна на това и за детайлно изследване на космическата магнитна мрежа. Присъствието на магнитни полета при астрофизични обекти се разделя на два вида: първо, чрез засичане на синхротронно излъчване – радиационен механизъм, който е директно следствие от наличието на магнитни структури и второ – използвайки въртенето на вътрешната поляризация на фонов източници, като тяхната собствена радиация преминава през намагнетизираната материя. И двата механизма са добре изучени при ниски честоти, измерени от *LOFAR*, тъй като не само са слаби, но и амплитудите им са обратнопропорционални на честотата. Проектът, изучаващ космическия магнетизъм, не само ще изследва фарадеевите структури на индивидуални обекти, като например близки галактики, намагнетизирани халота на галактични купове и междузвездната галактична равнина, където магнитните полета играят важна роля от звездообразуването до растежа на галактиките, но също и ще изследва първичното възникване, структура и еволюция на магнитните полета в космологични мащаби.

Проектът за българска *LOFAR* станция: *LOFAR – BG*

Със своите изследвания българската астрономическа общност покрива всички сфери на модерната астрономия и астрофизика. Една станция на *LOFAR* в България и членство в международния консорциум *International LOFAR Telescope* би била много полезна в редица аспекти, не само с факта, че ще издигне страната ни на световната научна сцена и ще отвори врати за

още повече чуждестранни сътрудничества и колаборации. Българските учени ще могат да използват данните, добити чрез радионаблюдения с *LOFAR*, за разширяване и допълване на картината в собствените си проучвания. Едни от най-силно застъпените в България научни въпроси спадат към няколко ключови научни проекта – „Краткотрайни източници“, „Наука за Слънцето и космическо време“, а така също „Проучвания на звездното небе“. Разширението на Европейската мрежа на *LOFAR* със станцията в България ще допринесе за по-добро запълване на UV равнината, особено в направление север-юг. Базовите линии ще се увеличат, достигайки 2500+ km, което ще доведе до резолюции в рамките на десети от дъговата секунда и изключително качество на изображенията.

Проектът за инфраструктурен комплекс *LOFAR-BG*, координиран от Института по астрономия с Национална астрономическа обсерватория (ИА с НАО), беше наскоро одобрен за включване в актуализираната Национална пътна карта за научна инфраструктура 2021 – 2027 г. (НПКНИ). Проектът предвижда през следващите 13 години да се изгради и развие българска наблюдателна станция на разпределения паневропейски радиотелескоп *LOFAR*, както и висок човешки научен потенциал за провеждане на специализирани астрофизични и геофизични изследвания с българската станция и целия *LOFAR* телескоп.

В допълнение проектът ще допринесе за развитие на научния и инженерния потенциал, необходим за обезпечаване на хардуерна и софтуерна поддръжка на телескопа, обработка и съхранение на петабайтови обеми от наблюдателни данни и автоматизиран анализ с изкуствен интелект. Предвижда се и активно сътрудничество и обмен на ноу-хау с бизнеса, както и популяризация на радиоастрономическите изследвания.

LOFAR-BG станцията ще позиционира България на челно място по радиоастрономически наблюдателни възможности в Югоизточна Европа. Поддръжката и обогатяването на тази уникална научноизследователска инфраструктура ще спомогне развитието на радиоинженерни и научни теми в сферата на информационните и комуникационни технологии (ИКТ) (обработка на сигнали в реално време, анализ на времеви редове и изображения с машинно самообучение, клъстеризиране и съхранение на данни) и трансфер на научен и технологичен ноу-хау от международното *LOFAR* сътрудничество. Допълнителна цел е да се предизвика и развитие на иновационни компании в радиокомуникационните и ИКТ насоки.

THE LOFAR RADIO TELESCOPE AND THE DEVELOPMENT OF A LOFAR STATION IN BULGARIA

Angel Dimitrov, Evelina Zaharieva, Ventsislav Dimitrov, Mariana Djordjevic, Kaloyan Kirilov, Kamen Kozarev

The LOFAR telescope, originally developed in the Netherlands, is an advanced, pan-European, distributed, low-frequency radio telescope, consisting of multiple separate observation stations with dipole antenna arrays. LOFAR offers unique observation capabilities for studying astrophysical and geophysical phenomena in the near and distant Universe. The goal of the LOFAR-BG project is to build a Bulgarian LOFAR station and to develop national capabilities for observation, processing, and analysis of LOFAR data. We give an overview of the LOFAR telescope, and describe briefly the LOFAR-BG project, focusing on current and future activities.

**First Summer School on Space Research, Technology and Applications,
Rozhen, 5-11 July 2021**

<https://bulgarianspace.online/space-schoolbg-2021/>



ВЛИЯЕ ЛИ СЛЪНЦЕТО ВЪРХУ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИТЕ НА ЗЕМЯТА

Наталия А. Килифарска

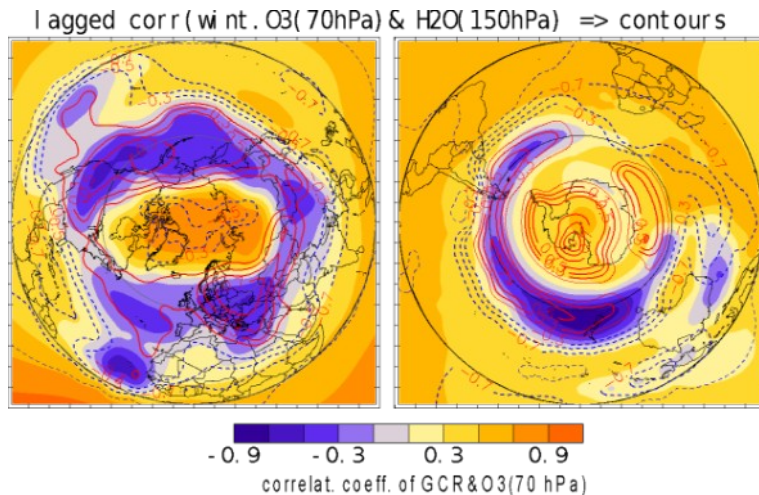
Идеята за слънчево влияние върху изменчивостта на климата на Земята възниква в началото на XVIII в. и е свързвана с цикличното увеличаване и намаляване на петна върху повърхността на Слънцето (с период от ~11 години). Първоначално се е смятало, че увеличаването на броя на слънчевите петна води до намаляването на излъчваната от Слънцето топлина и респективно до охлаждане на приземната температура. Още първите изследвания показват обаче че се наблюдава точно обратната тенденция, а именно – положителни отклонения от средната температура в периоди с голям брой слънчеви петна [1 – 3]. Този факт поражда скептицизма на група учени, които приписват слънчевия „сигнал“ в климатичните променливи на атмосферната циркулация, преразпределяща средното количество топлина, получавана от Слънцето [4, 5]. Трябва да отбележим обаче, че атмосферната циркулация сама по себе си се дължи на регионални различия в температурата и налягането. Следователно подобно предположение не е в състояние да обясни наличието на слънчев „сигнал“ в приземната температура.

Междувременно съвременните изследвания показаха, че потокът на електромагнитното излъчване на Слънцето е по-силен в максимумите на броя слънчеви петна, което е в добро съответствие с вариациите на приземната температура. От друга страна, спътниковите измервания на постъпващата от Слънцето електромагнитна радиация (известна като слънчевата константа) показаха, че вариациите ѝ между минимум и максимум на слънчевите петна не надвишават 0,07% за наблюдаваните повече от 40 години [6]. Тази изключително слаба изменчивост изключва възможността за непосредствено влияние на 11-годишния слънчев цикъл върху приземната температура. Подобно е положението и с дългопериодичните вариации в активността на Слънцето, чиято амплитуда не надвишава 0,2 % [8].

Всъщност цикличното увеличаване и намаляване на броя слънчеви петна отразява пренастройването на слънчевото магнитно поле, сменящо посоката си средно на всеки 11 години. По този начин средната продължителност на пълния магнитен цикъл е приблизително 22 години и в литературата той е известен като цикъл на Хейл. Интересното е, че подобна периодичност е открита и в изменението на приземната температура с времето, при това амплитудата на 22-годишните вариации е по-голяма от тази на 11-годишните.

Фактът, че вариациите в слънчевата активност са свързани най-вече с изменения в слънчевото магнитно поле предполага, че наблюдаваните изменения в климатичните променливи са свързани по-скоро с фактор, чувствителен към измененията в хелиомагнитното поле, а не с флукуациите в електромагнитната радиация на Слънцето, чиято амплитуда е твърде малка. Такъв фактор са галактическите космични лъчи (ГКЛ) – генерирани и ускорявани до високи енергии в Галактиката (или извън нея).

Проблемът с ГКЛ се състои в това, че те са относително малобройни и енергията, която привнасят в атмосферата, е незначителна в сравнение с вътрешната енергия на земната атмосфера. Следователно директното енергетично въздействие върху климатичната система трябва да бъде изключено. Съществува обаче възможност за индиректно въздействие посредством изменения в химичния състав, последвани от изменения в термодинамичния режим на атмосферата (тропосферата и ниската стратосфера). Нашите предварителни анализи показаха синхронизация във времевите вариации на ГКЛ, приземната температура и налягане, както и тези на озона в ниската стратосфера. Фигура 1 представя корелационните карти на озона на 70 hPa с ГКЛ (цветната заштриховка) и със специфичната влажност на 150 hPa (контурните линии). Фигурата илюстрира синхронизацията в пространствено-времените вариации на ГКЛ, озона и водната пара в близост до тропопаузата, в периода 1900 – 2010 г.



Фигура 1. Сравнение между корелационните карти на озона на 70 hPa с галактическите космични лъчи и специфичната влажност на 150 hPa. Забележителна е синхронизираната изменчивост на трите променливи в пространството и времето в периода 1900 – 2010 г.

Подобният анализ на възможните йонно-молекулярни реакции, инициирани от вторичните нискоенергетични електрони, създавани от ГКЛ в макси-

мум на Регенер-Пфотцер, показва съществуването на вторичен източник на озон в ниската стратосфера. Това обяснява синхронизираната изменчивост на озона и ГКЛ, илюстрирана на Фигура 1. А влиянието на озона върху температурата на тропопаузата и съответно върху стабилността на атмосферата на тези нива, респ. върху възможността за износ на водна пара във височина [8], пък обяснява синхронизираната ковариация на озона и водната пара. Предаването на слънчевия сигнал надолу до земната повърхност се осъществява от водната пара в близост до тропопаузата, посредством модулация на парниковия ефект. Полезно е да припомним, че влажността на тези нива осигурява 90% от парниковия ефект на цялото количество водна пара, съдържащо се в атмосферата [9].

Друг важен проблем в обяснението на слънчевото влияние върху климатичната система е нехомогенното разпределение на това влияние върху земната повърхност. Причината за това трябва да търсим в модулацията на ГКЛ от геомагнитното поле, което в близост до земната повърхност се отличава съществено от полето на магнитен дипол. Може да се покаже, че пространствените нееднородности и вековите вариации на геомагнитното поле фокусират ГКЛ в определени райони от земната повърхност [10]. Това води до нехомогенно разпределение на йонизацията в максимума на Регенер-Пфотцер и респективно до неравномерно разпределение на озона и водната пара около тропопаузата. Благодарение на парниковия ефект, тази нееднородност се проектира и върху земната повърхност.

В заключение ще отбележим, че различните времеви скали на изменение на слънчевото и геомагнитното полета, модулиращи интензитета и пространственото разпределение на галактическите космични лъчи, както и въздействието на други атмосферни фактори върху озона, водната пара и приземната температура, затрудняват установяването на причинно-следствените връзки между тях. Проблемът е многопластов и изисква консолидацията на усилията на значителен брой изследователи, както и допълнителен финансов ресурс, какъвто може да осигури например една национална космическа програма.

Литература

- [4] Köppen W., 1873. Über mehrjährige Perioden der Witterung ins besondere über die II, jährige Periode der Temperatur, Z. öst. Ges. Meteorol., 8 (1873), pp. 241-248.
- [5] Newcomb S., 1908. A search for fluctuations in the sun's thermal radiations through their influence on terrestrial temperature, by Trans. Am. Phil. Soc., n. s., vol. 21, 1908, p. v
- [6] Köppen W., 1914. *Lufttemperaturen, Sonnenflecken und Vulkanausbrüche*. Meteorologische Zeitschrift, 31, 305–328.
- [7] Abbott C.G., 1914. Solar constant of radiation, Science, 39, p.347, 1914.
- [8] Huntington E., 1914. The solar hypothesis of climate change, Bulletin of the Geological Soc. of America, 25 (2), 477-590.

- [9] Gray, L.J., Beer, J., Geller, M., Haigh, J.D., Lockwood, M., Matthes, K., Cubasch, U., Fleitmann, D., Harrison, G., Hood, L., Luterbacher, J., Meehl, G.A., Shindell, D., van Geel, B., White, W., 2010. Solar influences on climate. *Rev. Geophys.* 48.
<https://doi.org/10.1029/2009RG000282>.
- [10] Lean, J., 2000. Evolution of the Sun's Spectral Irradiance Since the Maunder Minimum. *Geophysical Research Letters* 27, 2425–2428.
<https://doi.org/10.1029/2000GL000043>
- [11] Kilifarska N.A., Bakhmutov V.G., Melnyk G.V., 2020. The hidden link between Earth's magnetic field and climate, Elsevier, 228, eBook ISBN: 9780128193471; Paperback ISBN: 9780128193464
- [12] Inamdar, A.K., Ramanathan, V., Loeb, N.G., 2004. Satellite observations of the water vapor greenhouse effect and column longwave cooling rates: relative roles of the continuum and vibration-rotation to pure rotation bands. *J. Geophys. Res. Atmos.* 109.
<https://doi.org/10.1029/2003JD003980>.
- [13] Kilifarska N.A., Bakhmutov V.G., Melnyk G.V., 2020b. Geomagnetic field's imprint on the 20-th century climate variability, Geological Society of London Spatial Publications, GSLSpecPub2019-38R4, 205-227.

DOES THE SUN INFLUENCE THE EARTH'S CLIMATE VARIABILITY?

Natalya Kilifarska

Since the beginning of the 18th century, the scientific attitude about the possibility for solar influence on climate varies from an optimistic to the absolutely sceptical. This paper provides brief information about the evolution of our knowledge about the Sun and Earth's climate, and their relations. The recent satellite measurements suggest that coincidence between solar and climate variability is not determined by variations of the amount of the solar radiation reaching the planet. This co-variability should more probably be related to the magnetic solar cycle controlling the amount of galactic cosmic rays (GCR) entering the heliosphere. The author presents a new mechanism for energetic particle influence on climate. In brief, the mechanism involves: (i) geomagnetic modulation of GCR reaching the lower atmosphere (determining their irregular distribution across the globe), (ii) particle influence on the near tropopause ozone and water vapour and (iii) regional modulation of the greenhouse effect by the near tropopause water vapour. Unlike the previously proposed mechanisms, the new one is able to explain the irregular distribution of the lower stratospheric ozone and the regional character of climate variability.

ПРИЛОЖНА ФИЗИКА И КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ – МОДЕРНАТА СПЕЦИАЛНОСТ

В рамките на кандидатстудентската кампания 2021 Техническият университет – София представя специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“.

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



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

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

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

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



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

ГАЛАКТИЧНИ КОСМИЧЕСКИ ЛЪЧИ В ХЕЛИОСФЕРАТА. МОДЕЛИ ЗА ПРЕДСКАЗВАНЕ НИВОТО НА ГАЛАКТИЧНАТА РАДИАЦИЯ ПРЕЗ СЛЪНЧЕВИЯ ЦИКЪЛ

Маруся Бъчварова

В тази работа са разгледани основните модулационни механизми, влияещи на транспорта на галактичните космически лъчи в хелиосферата. Промяната на модулационните условия е причина за наблюдаваните вариации в интензитета и спектъра на космическите лъчи през слънчевия цикъл. Дискутирани са някои полуемпирични модели, които имат капацитет да предскажат нивото на галактичната радиация при различни нива на слънчева активност.

Космическата радиация е форма на йонизираща радиация с произход извън земната атмосфера. Тя е съставена от високоенергетични заредени частици и фотони (Х-лъчи и гама-лъчи). Високоенергетичните частици са познати като космически лъчи, докато фотоните са известни с техните обичайни имена: гама-лъчи и Х-лъчи (рентгенови лъчи) [1]. За разлика от космическите лъчи, гама лъчите не са повлияни от магнитни полета, тъй като те нямат заряд. Приносът им в състава на космическата радиация е около 1%. Терминът „космически лъчи“ остава след историческото объркване относно природата на космическата радиация: преди да се докаже, че този тип радиация се състои основно от протони, тя първоначално се смята за гама лъчение, а малко по-късно – и за бета лъчение [2].

Космическите лъчи включват галактични космически лъчи (ГКЛ) и други типове частици: слънчеви частици, както и частици, ускорени в междупланетната среда [3]. Въпреки това терминът „космически лъчи“ често се употребява, за да обозначи единствено галактичните космически лъчи, произходът на които е от източници извън Слънчевата система [1, 3].

Слънчева модулация. Видове вариации в интензитета на галактичните космически лъчи. Космическите частици от междувездната среда проникват в нашата Слънчева система и там по-нискоенергетичните са отклонени от магнитните полета на слънчевия вятър. Влиянието на слънчевия вятър и хелиосферното магнитно поле (междупланетното магнитно поле) върху потока космически частици, постъпили в хелиосферата, е причина за промяната на интензитета и спектъра на космическите лъчи. Той не е същият като в междувездната среда. Интензитетът на ГКЛ в хелиосферата, за енер-

гии под около 30 GeV се мени през слънчевия цикъл* в зависимост от слънчевата активност и поляриността на междупланетното магнитно поле (ММП). Тази вариация в интензитета се нарича слънчева или хелиосферна модулация [4 – 6].

Единайсетгодишният слънчев цикъл безспорно е най-важния и доминантен модулационен цикъл, но вариациите в интензитета на галактичните космически лъчи могат да обхващат различни времеви скали. Измененията в интензитета на ГКЛ биват периодични и спорадични [7]. Денонощните (или 24-часови) вариации, 27-дневните (свързват се с 27-дневната слънчева ротация), както и вариации, свързани със слънчевия цикъл [7], са периодични вариации. Спорадичните вариации включват Форбуш-ефекти и *GLE*–явления (*GLE-Ground Level Enhancement*) [7]. От своя страна, периодичните вариации се делят на късопериодични и дългопериодични. Късопериодичните вариации (денонощните и 27-дневните) рядко имат стойности, надхвърлящи с повече от 1% стойността на предшестващия ги спокоен във времето галактичен поток [6]. Късопериодичните и спорадичните вариации не са обект на дискусия в тази статия. Дългопериодичните вариации обхващат времеви диапазон, по-дълъг от няколко години. Промените в активността на Слънцето през 11-годишния слънчев цикъл са причина за дългопериодичните 11-годишни вариации в интензитета на ГКЛ. Наблюдава се антикорелация (с известно времезакъснение) между интензитета на ГКЛ и нивото на слънчева активност. Забелязани са и други периоди, свързани с промени в интензитета на ГКЛ, по-дълги от 11 (22) години; все още не е ясно дали тези промени трябва да бъдат отчетени като стохастични по природа или те са структурирани във времето така, че да могат да бъдат представени като суперпозиция на няколко периодични процеса [6]. Пример на силни „пертурбации“ в последователността на 11-годишните цикли в слънчевата модулацията е през Минимума на Маундер. Това е периода от 1645 до 1715 година, когато слънчевите петна почти напълно изчезват. Така например през 28-годишен период (1672 – 1699) от Минимума на Маундер астрономите наблюдават само около 50 слънчеви петна. За сравнение, в настоящето за период от 25 години наблюда-

* Слънчев цикъл – периодичната почти 11-годишна промяна в слънчевата активност, измерена чрез промяната на броя наблюдавани петна по слънчевата повърхност. Слънчевата активност има силно влияние върху космическите лъчи с енергии < 10 GeV.

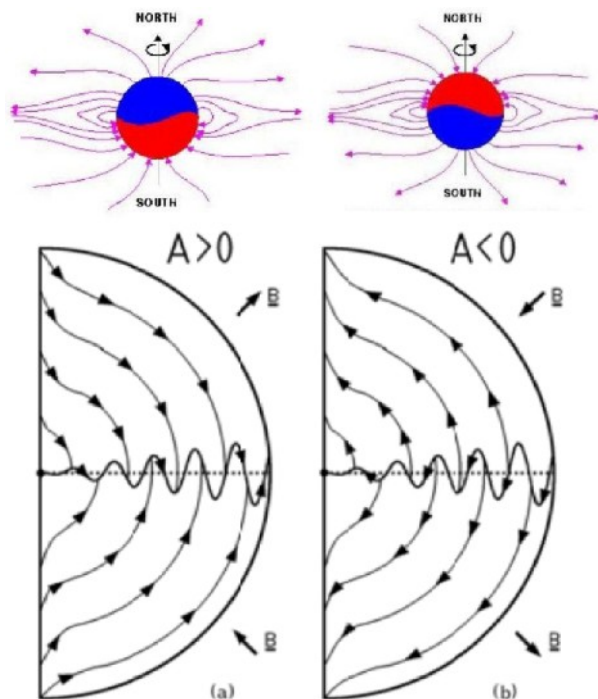
След всеки цикъл слънчевата поляриност се променя, като северният и южният полюс на Слънцето си разменят местата. По този начин пълният магнитен цикъл е с продължителност два 11-годишни слънчеви цикъла, т.е. 22 години, преди да се върне в първоначалното си положение по отношение на поляриността. Тъй като почти всички прояви на слънчевата активност са нечувствителни към поляриността, под слънчев цикъл обикновено се има предвид 11-годишният слънчев цикъл.

ваме около 40 000 – 50 000 петна. Хелиосферната модулация на ГКЛ продължава и през Минимума на Маундер, но с малка амплитуда. През този период потокът галактични космически лъчи би трябвало да е бил много по-висок отколкото след него [6].

Транспорт на ГКЛ. Модулационни механизми. Основите на разбирането на слънчевата модулация се поставят едва през средата на XX век, когато Паркър (1965) формулира теорията на транспорта на космическите лъчи в хелиосферата. По това време вече неутронните монитори наблюдават явленията, свързани с ГКЛ и играят основна роля за свързването на тези явления със слънчевата активност [6]. Паркър въвежда термина „слънчев вятър“ и развива първия хидродинамичен модел на изтичащата от Слънцето и разширяваща се навън плазма: *„Since the gross dynamical properties of the outward streaming gas are hydrodynamic in character, we refer to the streaming as the solar wind“* [8]. Той обръща внимание, че при разпространението му в междупланетната среда в слънчевият вятър (дори ако се предположи, че в началото потокът е бил ламинарен) под някаква форма биха се развили нееднородности, флукуации или вълни [9]. И макар средното ММП да се описва с помощта на спиралата на Архимед, полето, което се наблюдава, е също флукуиращо и турбулентно. Ето защо ММП може да бъде разгледано като съставено от две компоненти: регулярна, която се описва със спирална структура, и нерегулярна компонента. Отклоненията от спиралната структура в даден магнитен участък са проява на нееднородности в магнитното поле. Транспортът на космическите лъчи се формира от комбинацията на едромасштабните регулярни характеристики на полето и по-малките по мащаб променливи полета [10]. Галактичните космически лъчи, разпространявайки се в нерегулярно магнитно поле, се разсейват от малки по мащаб нееднородности, което причинява дифузия. Движещият се със скорост V в радиална посока слънчев вятър е причина за конвекция на космическите частици навън. Това създава градиент, който кара частиците да дифундират навътре [11, 12]. В допълнение към конвекцията, космическите лъчи се охлаждат адиабатно (забавя се тяхното движение) в разширяващия се слънчев вятър [13].

Едромасштабното магнитно поле влияе върху транспорта на космическите лъчи в хелиосферата и един ефект от това влияние е наличието на дрейф [14]. При моделирането на транспорта е важно да се отчете дрейфът, който е причинен от кривини и градиенти в глобалното магнитно поле, както и дрейфът (навътре или навън) по протежение на хелиосферния токов слой [14 – 16]. Хелиосферният токов слой (ХТС) е относително тънка пространствена структура, която разделя хелиосферата на области с различна полярност. Посоката, в която частиците дрейфат, зависи от полярността на полето; ако полярността се обърне, частиците дрейфат в обратна посока [11]. Фигура 1 илюстрира идеализиран модел на дрейф в хелиосферата за положително за-

редени частици (протони) при различна полярност на магнитното поле, заедно с вълнообразния ХТС. През част от слънчевия магнитен цикъл, означен с $A > 0$, протоните дрейфат от полюсите към екватора и радиално навън по хелиосферния токов слой, докато електроните дрейфат в обратна посока. Ситуацията се обръща при следващия цикъл, когато $A < 0$. Стрелките по вълновата крива показват дрейфа по хелиосферния токов слой, който доминира в екваториалното движение [17]. Този тип дрейф (*HCS drift*) е резултат от наличието на вълнообразен хелиосферен токов слой и е причинен от промените в посоката на магнитното поле в ХТС [17]. Следователно полярността на ММП заедно със структурата на ХТС оказват влияние върху модулацията [16].



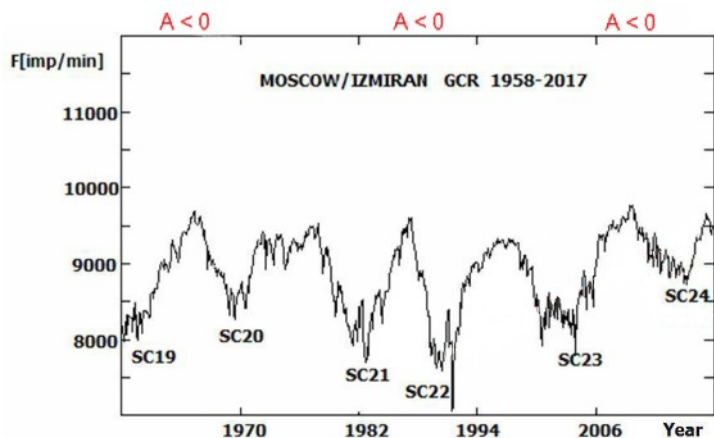
Фигура 1. Схема на дрейф на положително заредени частици при различни полярности на хелиосферното магнитно поле. При положителна (лява панел)/отрицателна (десна панел) полярност положително заредените частици дрейфат навън от/навътре по хелиосферния токов слой

(Изображение: Monica Laurenza, Presentation at the 14th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium, 9-13 July, 2018, Toronto, Canada)

Фигура 2 илюстрира добре известна разлика в модулацията при последователни 11-годишни периоди с различна полярност на магнитното поле. Тя е свързана със заряда на частиците: космическите лъчи са заредени частици и като такива имат различно поведение в магнитно поле с различна полярност (*charge-sign dependent modulation*). При отрицателна полярност, $A < 0$, протоните дрейфат към Земята основно през ХТС. Неговата вълнообразна структура влияе върху модулацията и се очаква при $A < 0$ цикли максимумите на потока ГКЛ да са по-заострени.

Глобалният механизъм на транспорт на космическите лъчи в хелиосферата е добре разбран за периоди на слънчев минимум, когато хелиосферата е

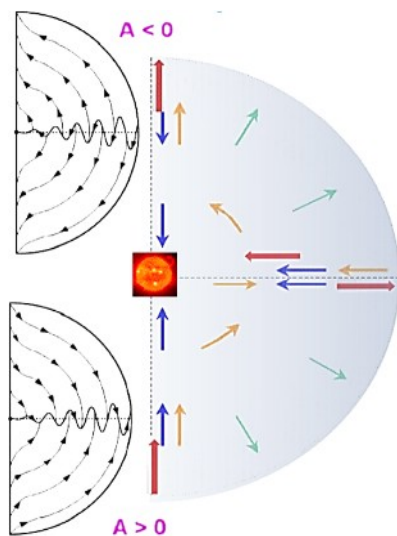
спокойна и добре организирана [10]. Дрейфът има съществено значение за модулацията през периоди, когато тя е минимална и обикновено до 3-4 години след това [8,10,18].



Фигура 2. Илюстрация на средномесечните стойности на потока ГКЛ за периода 1958 – 2017 г. по данни от Московския неутронен монитор

(Изображение: В. Комитов, Bulg. Astron. J., 30, 2019)

Дискутираните по-горе физични процеси: дифузия, конвекция, адиабатни енергетични загуби и дрейф, са основните модулационни механизми, отговорни за 11-годишните и 22-годишните вариации в интензитета на галактичните космически лъчи (Фигура 3). Тези четири основни механизма са включени от Паркър в уравнението за транспорт на космическите лъчи в хелиосферата [19].



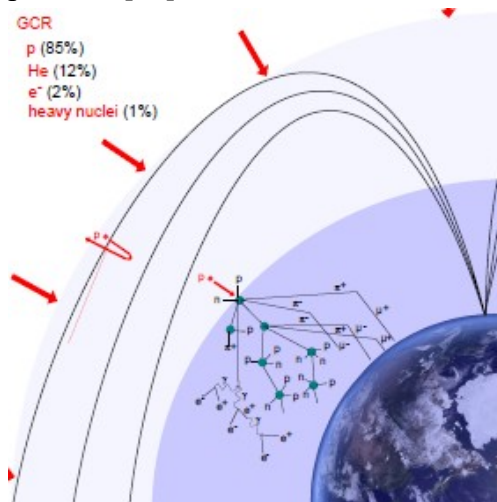
Фигура 3. Схематично изображение на глобалния транспорт на ГКЛ в хелиосферата. Сините стрелки обозначават посоката на дифузиращия навътре поток от частици, зелените – конвекцията в разширяващия се вятър. Жълтите стрелки сочат посоката на дрейфа, причинен от кривини и градиенти в глобалното магнитно поле, както и дрейфа (навътре или навън) по протежение на хелиосферния токов слой. С червени стрелки е показано, че за периоди на слънчев минимум с $A < 0$ протоните дрейфат навътре в хелиосферата най-вече през екваториалните области, докато при $A > 0$ дрейфат навътре предимно през полярните области (Изображение: по идея на Potgieter et al., Solar modulation in a very quiet heliosphere, Presentation on Solar Energetic Particles (SEP), Solar Modulation and Space Radiation Workshop, Washington, 2017)

Модели за описване на радиационна среда в Космоса. Уравнението, изведено от Паркър, е параболично частно диференциално от втори ред и пълното му аналитично решение е трудна задача; използвани са различни подходи за неговото решаване – от числени решения до аналитични прибли-

жения. Липсата на точно решение се дължи на недостатъчно познаване на: а) свойствата на модулационната среда (например и до днес не е дадена точната зависимост на дифузия коефициент от координатите в хелиосферата и магнитната твърдост на частиците); б) граничните условия (например нискоенергетичната част на спектъра на ГКЛ на границата на модулационна област); с) вариациите във времето на характеристиките на модулационната среда през 11- и 22-годишните слънчеви цикли [20, 21]. В същото време практическите изисквания за симулиране на радиационна среда в Космоса налагат необходимостта от създаване на динамични модели за модулация на ГКЛ, които биха позволили да се предскаже радиационната среда; това води до извеждането на емпирични и полуемпирични модели [21]. Полуемпиричните модели включват предположения и приближения за опростяване на изчисленията и за получаване на резултат в съответствие с наблюденията. През 1969 г. Ленард Фиск и сър Уилям Аксфорд публикуват приближени аналитични решения на уравнението за транспорт на галактичните лъчи в хелиосферата [22]. Едно от публикуваните в тяхната работа решения служи като основа за развиването по-късно на полуемпирични модели от руски и немски научни групи и от автора. Полуемпиричните модели на Ниммик (1996), Матия (2013), Кузнецов (2017) и съавтори [23 – 25] описват галактичните спектри извън земната магнитосфера на разстояние 1 AU и пресмятат интензитетите на ГКЛ като функция на броя слънчеви петна. Тъй като интензитетът на космическите лъчи антикорелира с нивото на слънчева активност (изразена чрез брой слънчеви петна) с известно времезакъснение, тези модели имат капацитет да предскажат галактичните спектри през слънчевия цикъл. Основният параметър в моделните уравнения е *модулационния потенциал*, стойността на който се изчислява на база средномесечен брой слънчеви петна $W(t)$.

Не бива да се забравя, че слънчевите петна не са източник на модулация, а по-скоро индикатор за изменение през слънчевия цикъл на други слънчево активни параметри, свързани с промяната на модулационни условия (като скорост на слънчевия вятър, наклон на хелиосферния токов слой, смущения в хелиосферата, причинени от коронални изхвърляния на маса и т.н.) [26]. Идеята модулационният потенциал (в дискутираните по-горе полуемпирични модели) да бъде представен като функция не само на броя слънчеви петна, но и на други слънчево активни параметри (отговорни за модулационната среда в хелиосферата) е дадена от автора още през 2013 г., а по-късно – и в предложението за Национална космическа програма през 2019 г. Реализирането на тази идея ще доведе не само до по-точно предсказване на радиационната среда през слънчевия цикъл, но е и възможност *количествено* да се опише как слънчево-хелиосферните променливи създават модулационните условия в хелиосферата.

Заклучение. Областта на космическите лъчи е доста широка и свързана с много други раздели на физиката като хидродинамика, астрономия, ядрена физика, физика на елементарните частици, космология. Потоците и интензитетите на космическите лъчи се изследват не само в астрономията и физиката на високите енергии, но и за целите на радиационната защита и заради способността им да причиняват повреди в компютрите и електронните устройства [27].



Фигура 4. Проникване на ГКЛ в магнитосферата и атмосферата на Земята. Колкото е по-голяма скоростта на заредената частица, толкова отклонението на траекторията ѝ от първоначалната в магнитното поле на Земята е по-малко. Частици с твърдост над геомагнитния праг преодоляват влиянието на магнитосферата и достигат високите слоеве на атмосферата. Тези от тях с достатъчно висока енергия взаимодействат с атомните ядра на атмосферните газове и предизвикват раждането на много нови частици (Изображение: Thomas Möller, Dissertation, 2013)

Космическите лъчи от галактичен произход са най-проникващата форма на йонизираща радиация в земната атмосфера. Първичните космически лъчи с енергии под няколко десетки MeV се абсорбират в атмосферата вследствие на йонизационни загуби [28]. Обаче космическите частици с достатъчно висока енергия (> 500 MeV), достигайки атмосферата на Земята, инициират огромни потоци от вторични космически лъчи (Фигура 4). Част от тези вторични частици могат да достигнат повърхността и дори да проникнат в нея. Вторичната космическа радиация, създадена в атмосферата, има фундаментално значение за моделирането на разнообразието от физични и химични процеси в планетната атмосфера. Тя е от изключителна важност и при определяне на облъчването на полетни височини. Изчислените спектри на първичната галактична радиация служат като входни данни при пресмятане на индуцираните радиационни нива в земната атмосфера.

Литература

- [1] Cosmic ray; https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_ray
- [2] H. Alfvén, On the Origin of Cosmic Radiation (1954) *Tellus*, **6**, no. 3 (1954), pp. 232-253.
- [3] R.A. Mewaldt, Cosmic Rays, *Macmillan Encyclopedia of Physics*, 1996; http://www.srl.caltech.edu/personnel/rmewaldt/cos_encyc.html
- [4] M. Bertolotti, Celestial Messengers: Cosmic Rays: The Story of a Scientific Adventure, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.

- [5] P. Bobik, G. Boella, M. J. Boschini, et al., Latitudinal Dependence of Cosmic Rays Modulation at 1 AU and Interplanetary Magnetic Field Polar Correction, *Advances in Astronomy*, Article ID 793072 (2013), (12pp); <https://doi.org/10.1155/2013/793072>
- [6] M.S. Potgieter, Solar Modulation of Cosmic Rays, Living Reviews in Solar Physics, **10**, no.1 (2013), Article: 3, (66pp); <https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2013-3>
- [7] E.H. Park, J. Jung, S. Oh, P. Evenson, Solar Cyclic Modulation of Diurnal Variation in Cosmic Ray Intensity, *Journal of Astronomy and Space Sciences*, **35**, no. 4 (2018), pp.219-225.
- [8] E.N. Parker, The Passage of Energetic Charged Particles through Interplanetary Space, *Planetary and Space Science*, **13**, no. 1 (1965), pp. 9-49.
- [9] M.A. Lee, I. Lerche, Waves and Irregularities in the Solar Wind, *Reviews of Geophysics*, **12**, no. 4 (1974), pp. 671-687
- [10] J.R. Jokipii, J. Kóta, Galactic and Anomalous Cosmic Rays in the Heliosphere, *Astrophysics and Space Science*, **274**, no. 1-2 (2000), pp. 77–96
- [11] L.A. Fisk, Solar Modulation of Galactic Cosmic Rays, in: *Proc. Conf. Ancient Sun: Fossil Record in the Earth, Moon, and Meteorites*, Boulder, October 16-19, 1979; R.O. Pepin, J. A. Eddy, R.B. Merrill, Eds., Pergamon Press, 1980, pp. 103-118
- [12] J.R. Jokipii, Propagation of Cosmic Rays in the Solar Wind, *Reviews of Geophysics*, **9**, no. 1 (1971), 27-87
- [13] S. Webb, Some Aspects of Cosmic Ray Transport in Interplanetary Space, PhD Thesis, London, 1973
- [14] L. Batalha, Solar Modulation Effects on Cosmic Rays, Dissertation, Instituto Superior Técnico, Lisbon, 2012
- [15] M.S. Potgieter, E.E. Vos, M. Boezio et al., Modulation of Galactic Protons in the Heliosphere During the Unusual Solar Minimum of 2006 to 2009, *Solar Physics*, **289**, no. 1 (2014), pp. 391–406
- [16] C. Pei, J.W. Bieber, R.A. Burger, and J. Clem, Three-dimensional Wavy Heliospheric Current Sheet Drifts, *The Astrophysical Journal*, **744**, no. 2 (2012), Article 170, (5pp)
- [17] R. Manuel (2013) Time-dependent modulation of cosmic rays in the outer heliosphere, PhD Thesis, North-West University, South Africa
- [18] R. B. McKibben, J. J. Connell, C. Lopate et al., Cosmic Ray Modulation in the 3-D Heliosphere, *Space Science Reviews*, **72**, no. 1-2 (1995), pp. 367–378
- [19] E.N. Parker, The Passage of Energetic Charged Particles through Interplanetary Space, *Planetary and Space Science*, **13**, no. 1 (1965), pp. 9-49.
- [20] R.A. Nymmik, A.A. Suslov, Some Trends in Perfecting the Dynamic Models of Cosmic Ray Modulation, *Radiation Measurements*, **26**, no. 3 (1996), pp. 477-480.
- [21] R.A. Nymmik, M.I. Panasyuk, T.I. Pervaya, and A. A. Suslov, An Analytical Model, Describing Dynamics of Galactic Cosmic Ray Heavy Particles, *Advances in Space Research*, **14**, no.10 (1994), pp. 759-763.
- [22] L.A. Fisk, W.I. Axford, Solar Modulation of Galactic Cosmic Rays, 1, *Journal of Geophysical Research*, **74**, no. 21 (1969), pp. 4973-4986.
- [23] R.A. Nymmik, M.I. Panasyuk, A.A. Suslov, Galactic Cosmic Ray Flux Simulation and Prediction, *Advances in Space Research*, **17**, no. 2 (1996), pp. 19-30.
- [24] N.V. Kuznetsov, H. Popova, M.I. Panasyuk, Empirical Model of Long-time Variations of Galactic Cosmic Ray Particle Fluxes, *Journal of Geophysical Research*, **122**, no. 2 (2017), pp. 1463-1472
- [25] D. Matthiä, T. Berger, A.I. Mrigakshi, and G. Reitz, A Ready-to-use Galactic Cosmic Ray Model, *Advances in Space Research*, **51**, no. 3 (2013), pp. 329-338.

- [26] R. A. Caballero-Lopez, N. E. Engelbrecht, J. D. Richardson, Correlation of Long-term Cosmic-Ray Modulation with Solar Activity Parameters, *Astrophysical Journal*, **883**, no. 1 (2019), 73(13pp).
- [27] F. Ferrari, E. Szuszkiewicz, Cosmic Rays: A Review for Astrobiologists, *Astrobiology*, **9**, no. 4 (2009), pp. 413–436.
- [28] I.A Mironova, K.L. Aplin, F. Arnold, et al., Energetic Particle Influence on the Earth's Atmosphere, *Space Science Reviews*, **194**, no. 1-4 (2015), pp. 1–96.

GALACTIC COSMIC RAYS IN THE HELIOSPHERE. MODELS PREDICTING THE GALACTIC RADIATION LEVEL DURING THE SOLAR CYCLE

Marusja Buchvarova

In this paper, the main modulation mechanisms influencing the transport of galactic cosmic rays in the heliosphere are reviewed. The galactic cosmic ray intensity variations during the solar cycle are caused by the changes in the heliospheric modulation conditions. Semi-empirical models that have the capacity to predict the level of galactic radiation at different levels of solar activity are discussed.



8-ми Национален фестивал „Наука на сцената“

25 – 27.06.2021 г., СУ „Васил Левски“, Севлиево

Събитието е предварителен подборен кръг за Европейския фестивал „Наука на сцената“, който ще се проведе през пролетта на 2022 г. в Прага, Чехия.

Всички *STEM* учители, включително и учителите в началните училища и детските градини, са поканени да участват като подадат:

- **регистрационна форма със заявка за участие до 1.05.2021 г.**
- **описание на проектите до 21.05.2021 г.**

Кандидати сред бъдещите учители са особено добре дошли.

Повече информация на: <http://upb.phys.uni-sofia.bg/coming/index.html>

БЪЛГАРИН ОТКРИ НОВА БЛИЗКА ЕКЗОПЛАНЕТА СЪС СКАЛИСТА ПОВЪРХНОСТ

Свръхземята *Gliese 486b* е разположена само на 26 светлинни години от нас и е подходяща цел за потвърждаване и анализ на атмосферата ѝ от бъдещите космически мисии. Статията за откритието е публикувана в престижното сп. *Science*, с водещ автор д-р Трифон Трифонов, астроном от Института по астрономия „Макс Планк“ в Хайделберг и възпитаник на Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“.

През последния четвърт век астрономите откриват хиляди екзопланети: планети, които обикалят по орбита около други звезди. Но едва малка част от тях са доказано скалисти планети, т.е. с твърда повърхност и с маса от порядъка на масата на Земята. Наскоро учени от консорциума *CARMENES*, включващ единайсет изследователски институции от Германия и Испания, представиха ново проучване, в което съобщават за откриването на нова скалиста екзопланета в орбита около близката звезда *Gliese 486*. Резултатите са публикувани в престижното научно списание *Science*. Водещ автор на статията за откритието е българският астрофизик д-р Трифон Трифонов, учен от Института по астрономия „Макс Планк“ в Хайделберг и възпитаник на Физическия факултет на Софийския университет „Св. Кл. Охридски“. *Gliese 486b* най-вероятно ще бъде първата екзопланета, чиято атмосфера ще може да регистрира бъдещият космически телескоп „Джеймс Веб“, обяснява д-р Трифонов.

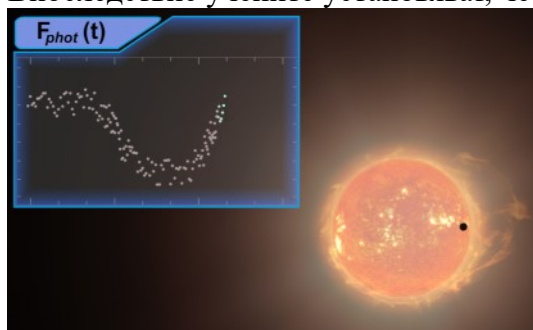
Близка звезда с гореща екзопланета

Звездата *Gliese 486* (Глизе 486) е разположена само на 26 светлинни години от Земята. Тя е звезда от типа „червено джудже“, което означава, че е много по-малка и по-хладна от Слънцето. Новооткритата планета е наименувана *Gliese 486b* (Глизе 486b) и е 2,8 пъти по-масивна и около 30 % по-голяма по размери от Земята, като обикаля своята родителска звезда по кръгова орбита за едва 1,5 дни. Поради екстремалната близост до своята звезда, *Gliese 486b* е силно нагрята до температури от около 430 °C. В този смисъл повърхността на *Gliese 486b* вероятно прилича повече на Венера, отколкото на Земята – горещ и сух пейзаж, осеян с реки от лава. Макар че *Gliese 486b* не е годна за живот, какъвто ни е познат на Земята, откритието има изключителна научна стойност, тъй като планетата вероятно е запазила част от първоначалната си атмосфера. Ето защо системата *Gliese 486* е идеалната цел за спектрални наблюдения със следващото поколение космически и наземни телескопи. *Gliese 486b* е една от малкото екзопланети, която може да ни помогне да узнаем състава на първичните планетни атмосфери и по този начин

да предостави важна информация за произхода и еволюцията на планетите от земен тип.

Откритието отблизо

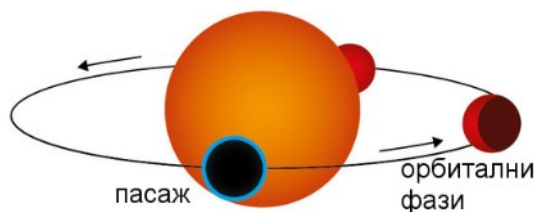
Екзопланетата *Gliese 486b* е открита по метода налъчевите скорости, който се основава на снемането на звезден спектър с много висока разделителна способност. От спектъра се изчислява Доплеровото отместване на спектралните линии, породено от гравитационното взаимодействие на звездата с екзопланетата. Оттук могат да се пресметнат масата на планетата и нейните орбитални параметри. Спектроскопичните наблюдения са снети с прецизните спектрографи *CARMENES*, монтиран на 3,6-метровия телескоп в астрономическата обсерватория Калар Алто в Испания, и със спектрографа *MAROON-X*, разположен на 8,1-метровия телескоп *Gemini North* в САЩ. Впоследствие учените установяват, че екзопланетата *Gliese 486b* периодично



Източник: MPIA graphics department

Значението на откритието и българският принос

Орбиталната ориентация на *Gliese 486b*, обуславяща преминаване пред диска на родителската звезда от гледна точка на земния наблюдател, определя



Източник: MPIA graphics department

значимостта на новото откритие на д-р Трифонов и неговите сътрудници. Всеки път, когато *Gliese 486b* застана пред звездния диск (по време на т.нар. „пасаж“), малка част от звездната светлина преминава през тънкия атмосферен слой на планетата и оставя свой отпечатък в спектъра. Орбиталните фази, в които планетата бива „затъмнена“ от своята звезда, са също много важни, тъй като ни носят информация за ярката и гореща планетна повърхност. С помощта на спектрографи астрономите могат да разложат светлината по различни дължини на вълната и да търсят линии на поглъщане и излъчване (т. нар. абсорбционни и емисионни характеристики), за да установят атмосферния състав на планетата. „С нетърпение чакаме новите

преминава пред диска на родителската си звезда, което съответно води до периодичен спад в блясъка на звездата. Прецизни фотометрични наблюдения на *Gliese 486*, направени с космическия телескоп *TESS* (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*) на *NASA* и с други наземни обсерватории, спомагат за определяне на радиуса на планетата.

телескопи да станат достъпни“, разказва д-р Трифонов. „Резултатите ще ни помогнат да разберем в каква степен скалистите планети могат да задържат своята атмосферата, от какво са изградени и как влияят върху спектралното разпределение на излъчената от тях енергия“, допълва д-р Хосе Кабалеро, съавтор на публикацията.

Д-р Трифон Трифонов и д-р Хосе Кабалеро са част от екипа на консорциума *CARMENES*, обединяващ единайсет научни институции в Испания и Германия. Целта на консорциума е да следи около 350 звезди от типа „червени джуджета“, в търсене на потвърждения за наличие на маломасивни екзопланети в орбита около тях. Откритите по този начин обекти ще бъдат най-вероятните първи цели за изследване от космическите телескопи на бъдещето, като например космическият телескоп „Джеймс Уеб“ на *NASA*.

За д-р Трифон Трифонов:



Д-р Трифон Трифонов е завършил Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ като бакалавър, след което защитава и магистърска степен по астрономия и астрофизика към катедра „Астрономия“. Защитава докторската си степен през 2014 г. в Хайделбергския университет, след което работи като постдокторант в Университета на Хонконг, а от 2016 г. е част от катедра „Плането- и звездообразуване“ към Института „Макс Планк“ в Хайделберг. В края на

2020 г. е отличен от Гьотингенската академия на науките с Наградата за млади учени в областта на математиката и природните науки за 2020 г.

Д-р Трифонов поддържа активно партньорство с екипа на катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на СУ, като участва в изграждането на Студентската астрономическа обсерватория „Плана“, а също партнира и в изследванията на нови в галактиката М31 и активни галактични ядра (с подкрепата на проект ДН18/10-11.12.2017 г. към ФНИ на МОН). Д-р Трифонов е и редовен гост на Кръжока по астрономия към катедра „Астрономия“, а през 2019 г. получава грант към катедра „Астрономия“ по Национална научна програма „Млади учени и постдокторанти“ на МОН.

Литература

T. Trifonov, J. A. Caballero, J. C. Morales et al., „A nearby transiting rocky exoplanet that is suitable for atmospheric investigation“, *Science* 371, pp. 1038-1041 (2021)

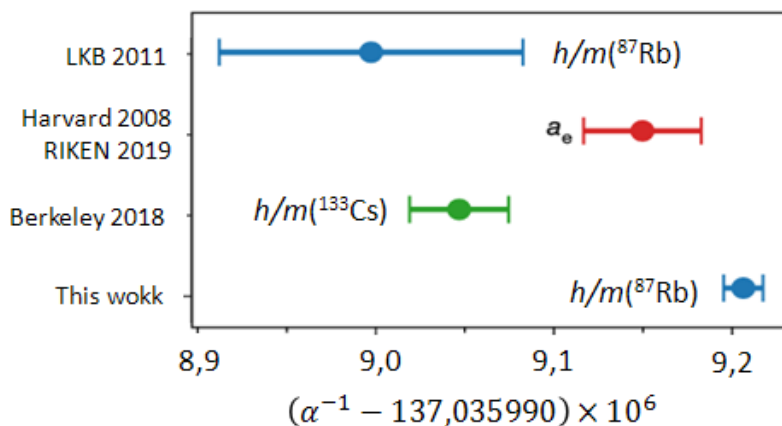
<https://science.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.abd7645>

<https://www.mpia.de/news/science/2021-05-gliese486b>

ПОСТИГНАТ Е НОВ РЕКОРД В ТОЧНОСТТА НА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КОНСТАНТАТА НА ФИНАТА СТРУКТУРА

Френски изследователи от лабораторията *Kastler Brossel* в Париж постигнаха най-точното измерване на една от основните физични константи, така наречената константа на фината структура, което позволява проверка на валидността на теоретичните модели, описващи субатомния свят. Постигнатата точност е 81 части на трилион.

В числово изражение константата на фината структура, която се означава с гръцката буква α (алфа), се доближава много до съотношението $1/137$. Често се появява във формули, описващи взаимодействието на светлината и материята. „Това е като златното сечение в архитектурата“, казва Ерик Корнел (*Eric Cornell*), носител на Нобелова награда по физика (2001) от Университета на Колорадо (Боулдър) и Националния институт за стандарти и технологии.



Фигура 1. Данни за стойностите на константата на фината структура от последните 10 години

Стандартният модел на физиката на елементарните частици е теория, която предсказва и описва всички известни основни сили, различни от гравитацията – а именно електромагнетизма, както и слабите и силните ядрени сили и понастоящем дава най-доброто описание на субатомния свят. Въпреки това обаче, картината не е пълна. Може би това е само част от по-голяма картина, която включва нова физика, скрита дълбоко в субатомния свят. Теорията не успява да обясни тъмната материя, тъмната енергия и дисбаланса между материята и антиматерията във Вселената. Тъй като несъответствията между прогнозите на Стандартния модел и експерименталните наблюдения могат

да предоставят доказателства за нова физика извън Стандартния модел, точната оценка на тези прогнози изисква много точно познаване на стойностите на основните физически константи. Сред тях константата на фината структура α е от особено значение, тъй като влиза в уравненията на Стандартния модел като определя големината на електромагнитната сила и е основна при обяснението на редица явления, включително взаимодействията между светлина и заредени елементарни частици, като електрони и мюони.

Поради важността ѝ константата на фината структура е предмет на измерване в редица лаборатории по света. На Фигура 1 могат да се видят получените стойности в последните 10 години, както и данни за точността на определяне. Тези резултати се базират на различни физични явления, като ефект на Хол, ефект на Джозефсън, аномалния магнитен момент на електрона.

В края на 2020 г. в споменатата по-горе статия, публикувана в списание *Nature* от екип от четирима физици, ръководени от Сайда Гелати-Хелифа (*Saïda Guellati-Khélifa*) от лабораторията *Kastler Brossel* в Париж (Фигура 2), се съобщава за най-точното досега измерване на константата на фината структура. Екипът определя стойността на константата до 11-ия знак след десетичната запетая, съобщавайки, че $\alpha = 1/137,035999206$.



Фигура 2. Сайда Гелати-Хелифа в лабораторията в Париж

Авторите използват независимо измерване на α , което създава възможност за тестване на Стандартния модел. Според тях най-успешният подход се основава на измервания на скоростта на откат $\hbar k/m$ на атом с маса m при поглъщане на фотон с импулс $\hbar k$, където $\hbar$ е редуцираната константа на Планк, а $k = 2\pi/\lambda$ е вълновият вектор на фотона (λ е дължината на вълната на лазера). От тези експерименти се определя съотношението $\hbar/m$ и оттам – α от уравнението

$$\alpha^2 = \frac{2 R_\infty}{c} \times \frac{m}{m_e} \times \frac{h}{m}$$

Константата на Ридберг R_∞ се определя от водородна спектроскопия с точност 1,9 части на трилион (ppt). Съотношението на атомната маса към масата на електрона m/m_e се определя от относителната атомна маса за използваните рубидиеви атоми, която е известна с точност 69 ppt, към относителната маса на електрона, известна с точност 30 ppt. Скоростта на светлината има фиксирана стойност.

Авторите използват интерферометрия на материални вълни за да измерят скоростта на откат на охладени близо до абсолютната нула рубидиеви атоми при поглъщане на фотони, при което увеличават точността на определяне 2,5 пъти. Полученият резултат за константата на фината структура е $\alpha^{-1} = 137,035999206$ (11) с относителна точност от 81 ppt.

Използвайки константата на фината структура в уравненията на Стандартния модел, може да се изчисли магнитният момент на електрона, свойство, проявено от отрицателно заредената частица под въздействието на магнитно поле. Магнитният момент на електрона е отличен кандидат за тестване на Стандартния модел, тъй като той е многократно измерван в лабораториите и теоретично прогнозиран с много висока степен на точност.

Гелати-Хелифа се занимава с измерване на константата на фината структура повече от 20 години. Тя подчертава, че при извършване на сложните експерименти трябва да се вземат под внимание различни физични процеси, които са в основата им, да се оценят грешките, за да направят корекции. След внасяне на корекциите, екипът провежда окончателните измервания в продължение на един месец за окончателно определяне на стойността на константата на фината структура.

Проф. Масимо Пасера (*Massimo Passera*) от Националния институт по ядрена физика и Университета в Падуа в коментар за *Scientific American* подчертава, че усилията за намиране на точните стойности на основните константи се допълват от експериментите, базирани на ускорителите на частици, които консумират огромни енергии, за да създадат нови, неизвестни досега частици. Експериментите „на лабораторната маса“, като тези в лабораториите *Kastler Brossel* или *Berkeley*, се извършват при много ниски енергии. Въпреки това техните изключително прецизни измервания могат косвено да разкрият съществуването или дори естеството на частица, която все още може да не се види пряко при експериментите с високите енергии.

Léo Morel, Zhibin Yao, Pierre Cladé & Saïda Guellati-Khélifa, *Determination of the fine-structure constant with an accuracy of 81 parts per trillion*, *Nature* **588**, 61–65 (2020)

ПРОФ. Д-Р ПЕТКО ВИТАНОВ НА 75 ГОДИНИ



Проф. д-р Петко Витанов – член на Управителния съвет на Съюза на физиците в България, в края на 2020 г. празнува юбилей.

Завършил Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, специалност „Физика производствен профил“ с придобита квалификация „Радиофизика и електроника“ през 1968 г., Петко Витанов е назначен на позиция физик в Института по електроника на БАН. От 1971 г. до 1992 г. работи в Института по микроелектроника съответно като физик, научен сътрудник, ръководител на група, секция и сектор „Технологичен контрол и физичен анализ“. Защищава дисертация като свободен аспирант през 1984 г. и от 1986 г. е хабилитиран старши научен сътрудник II степен. Специализирал е в Германия, където е стипендиант на фондацията „Ал. фон Хумболдт“ (1982 – 1983, 1990, 1996). Научната му дейност през този период е свързана с изследвания в областта на физиката и технологията на МОС транзистори, физика на разделителната повърхност силиций-оксид и свойства на диелектрични слоеве. Участва в голям брой научноизследователски задачи, свързани с разработката на технологии за МОС интегрални схеми и от 1980 г., като ръководител на сектора „Технологичен контрол и физичен анализ“, е пряко свързан с опитното производство на МОС интегрални схеми.

През 1992 г. започва работа в Централната лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници (ЦЛОЗОИ) към БАН като старши научен сътрудник и проявява забележителни управленчески качества като директор в продължение на 20 години. Умело съчетава административната с научната дейност. Разширява областта на изследователските си интереси и научната му дейност е фокусирана както върху процеси и технологични разработки на слънчеви фотоеlementи на базата на силиций, така и върху фотоволтаични системи за преобразуване на слънчевата енергия. Резултатът е над 200 научни публикации, цитирани в чужбина повече от 1400 пъти, 5 български патента и 1 патент, регистриран в САЩ. Чел е лекции към Образователния център на БАН и под неговото ръководство защитават 5-ма докторанти. Бил е ръководител на 6 проекта, финансирани от Фонд „Научни изследвания“ към МОН, на 7 международни проекта, финансирани от ЕС по 5-та, 6-та и 7-та Рамкова програма, както и на 2 проекта, финансирани от Европейската програма за развитие на Югоизточна Европа и на 2 проекта с ЮНЕСКО. Участвал е като ръководител и изпълнител в повече от 28 проекта с български и чужди фирми. Всички тези проекти са в областта на фотоволтаичното

преобразуване на слънчевата енергия: технология на силициеви фотоелементи, фотоволтаични модули, фотоволтаични системи и централи. Организира и първите три национални конференции по възобновяеми енергийни източници.

Проф. Витанов намира време и за обществена дейност. Той е бил зам.-председател на „Обществен съвет за високи технологии“, както и председател на секция „Физика“ към Съюза на учените в България (2013 – 2018). Член е на Комисията за високи научни постижения и на Общото събрание на пълномощниците към Съюза на учените в България. Три мандата е член на Управителния съвет на Съюза на физиците в България (УС на СФБ).

Като член на УС на СФБ проф. Витанов има съществен принос при организирането на Третия конгрес на физиците в България и на 10-ата конференция на Балканския физически съюз в София през 2018 г. Той е Почетен член на Съюза на физиците в България. Често е и автор на материали в списание „Светът на физиката“.

През 2016 г. проф. Петко Витанов е награден с почетния знак „Марин Дринов“ (на лента) на БАН за цялостната му научна и научно-приложна дейност.

С радост поздравяваме проф. Витанов с неговия юбилей и му пожелаваме здраве и творчески успехи!

Съюзът на физиците в България обявява

Национален онлайн фотоконкурс за студенти на тема:

„СВЕТЛИНА“

Конкурсът е посветен на Международния ден на светлината – 16 май и има за цел да провокира участниците да наблюдават, търсят, заснемат и споделят светлината в цялото ѝ многообразие и форми в природата или като резултат на човешката дейност.

Краен срок: 30 април 2021 г.

Резултатите от конкурса ще бъдат обявени на **16 май 2021 г.** на сайта на СФБ. Най-добрите творби ще участват във фотоизложба, а авторите им ще получат съответното признание. Избрани снимки ще бъдат публикувани в „Светът на физиката“.

Подробна информация за конкурса можете да намерите:

http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/Fotokonkurs_z_a_studentsi2021.pdf

<http://www.facebook.com/Светлина-Национален-фотоконкурс-за-студенти-104327058307054>



СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“ СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Списанието „Светът на физиката“

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

АБОНИРАЙТЕ СЕ

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

За ученици, студенти и пенсионери – 10 лв.

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

Цена за 1 книжка – 5 лв.

Банкова сметка: Първа Инвестиционна Банка

IBAN: BG91FINV91501215737609; BIC: FINVBGSF

СТАНЕТЕ НАШИ АВТОРИ

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



ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wor.phys.uni-sofia.bg

На него можете да откриете всички броеве на списанието от 1991 г. досега

и на адрес:

Съюз на физиците в България

Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“

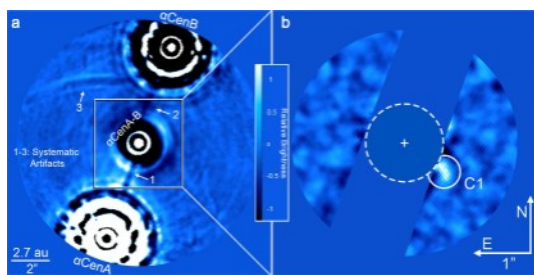
бул. „Джеймс Баучер“ 5, София 1164

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

Харесайте страницата на списанието във facebook

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

Астрономи получиха изображение на планета в зоната на обитаемост на Алфа от Кентавър



Инфрачервено изображение на двойната система Алфа от Кентавър A-B (вляво) и новооткритата планета в увеличения регион (вдясно), където оптичните артефакти са изгладени.

Астрономи от *Breakthrough Watch Initiative* откриха екзопланета в зоната на обитаемост на звездата Алфа от Кентавър А. Планетата е три пъти по-голяма от Земята. Наблюдението е направено с радиотелескопа *VLA* на *Paranal Observatory* в Чили като част от програма за откриване и наблюдение на нови земи в областта на Алфа от Кентавър. Всъщност звездната система на Алфа от Кентавър е тройна система, състояща се от ярка двойна система – Алфа от Кентавър

А и Алфа от Кентавър В, и бледото червено джудже Алфа Кентавър С. Двете ярки компоненти са само на 4,35 светлинни години от нас, а Проксима от Кентавър, както още е известна като Алфа Кентавър С, е малко по-близо до нас, на 4,23 светлинни години. Алфа от Кентавър А е малко по-голяма от Слънцето. Алфа от Кентавър В е малко по-малка. Двете звезди обикалят около общ гравитационен център за около 80 години, като минималното разстояние между тях е 11 пъти разстоянието между Земята и Слънцето. Екзопланетата е открита в орбита около Алфа от Кентавър А. Развитият от астрономите метод позволява получаване на изображение на планета в зоната на обитаемост на една от най-близките до Земята звезди. През 2016 г. *Breakthrough Watch Initiative* и *ESO* стартират проект за изграждане на термичен инфрачервен коронограф, способен да блокира по-голямата част от светлината, идваща от звездата, и оптимизиран така, че да детектира инфрачервеното излъчване от повърхността на нагрятата планета.

Изследването, публикувано в *Nature Communication*, е плод на 100-часово наблюдение, стартирало през 2019 г.

Източник:

Wagner et al., *Nature Communications* 12 (2021) 922, doi: 10.1038/s41467-021-21176-6

В СУ „Св. Климент Охридски“ стартира проект за изготвяне на нови бакалавърски и магистърски курсове по космически науки в сътрудничество с ЕКА

През февруари 2021 г. стартира проектът „*Space Education for Bulgaria*“ (*SpaceEdu4BG*), финансиран от Европейската космическа агенция (ЕКА), в рамките на Плана за европейските коопериращи държави (*PECS*). С този

проект ЕКА за първи път подкрепя разработването на университетски курсове в България.



Интересът на ЕКА към проекта не е случаен. Разработването на хардуер и софтуер за инициативите на ЕКА протичат чрез обществени поръчки с ожесточена конкуренция между компании от развитите европейски и световни икономики. *PECS*, по идея, трябва да подготви българските компании за равностойно участие в публичните търгове на Агенцията. Това обаче,

както беше отбелязано и в Програмата за космически изследвания, технологии и приложения, предложена от клон „Космос“ през 2019 г., не може да стане без развитието на човешкия ресурс в България. Екипът на *SpaceEdu4BG* смята, че естественото място за генерирането му са университетите.

Българският екип, ръководен от гл. ас. д-р Владимир Божилов от катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на Софийския университет, ще работи в сътрудничество с ЕКА курсове за бакалавърските и магистърските програми на Физическия факултет. Темите на курсовете, предложени от екипа, са обсъдени в серия от срещи с ЕКА. В резултат Агенцията избира девет предмета с фокус върху космически технологии, приложения, предприемачество и управление на проекти. Тези курсове ще формират основата, върху която ще стъпят стартиращи в космическия сектор български бизнеси и които, както се надява българският екип, ще подпомогнат младите изследователи в работата им с Европейската космическа агенция. Проектът се очаква да засили теоретичната и практическата подготовка на младите кадри за нуждите на космическата индустрия в България. Успешното реализиране на проекта ще има положителен ефект и върху Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“, който има потенциал да се превърне във водещ за обучение в областта на космическите изследвания. Работата по изготвяне и утвърждаване на курсовете ще продължи две години. Проектът се координира от катедра „Астрономия“ към Физическия факултет на Софийския университет. Сред авторите на курсовете са учени от СУ, от Института по астрономия с НАО Рожен към Българската академия на науките, представители на бизнеса и индустрията. Обучението по тези дисциплини се очаква да стартира през учебната 2022/2023 г. Според ръководителя на проекта, д-р Божилов, *„Успешното изпълнение на проекта ще доведе както до по-добра синергия в областта*

на космическите изследвания и техните приложения у нас, така и до засилване на връзката между българската научна общност и ЕКА“.

Успешната мисия до Марс на „Perseverance“

Сондата на НАСА „Постоянство“ (*Perseverance*) кацна успешно на Марс в района на кратера Йезеро (*Jezero*) на 18 февруари, започвайки нова ера на изследване на червената планета. Космическата сонда навлиза в горните слоеве на атмосферата със скорост над 20 000 km/h. След няколко минути се задейства парашут и се включват спирачни двигатели, намалявайки скоростта



Снимка, направена по време на кацането. Разшифрованото тайно послание с бинарен код в цветните секции на парашута: „*Dare mighty things*“ („Осмелявайте се за велики неща“) и GPS координатите на лабораторията, в която е построен марсохода. Източник: NASA/JPL-Caltech

до около 3 km/h. Мисията, която стартира на 30 юли 2020 г., включва марсоход и прикрепен за корпуса специално конструиран хеликоптер „Изобретателност“ (*Ingenuity*) – миниатюрен дрон с тегло 1,8 kg. Марсоходът е предназначен за астробиологични проучвания на древната среда на Марс, на повърхността на планетата, на геологичните процеси и история, включително следи от обитаемост на планетата в миналото, за търсене на доказателства за живот в геоложки материали, както и събиране на проби от марсианска почва за последващото им доставяне на Земята като част от следваща мисията.

Името си „Постоянство“ сондата получава след организиран от НАСА конкурс за есе на тема „Името на роувъра“. Конкурсът печели Александър Матер (*Alexander Mather*), 14-годишен седмокласник, сред 28 000 участници от всеки щат и територия в Съединените щати. Именно есето на Матер дава идентичност на марсохода *Mars 2020*.

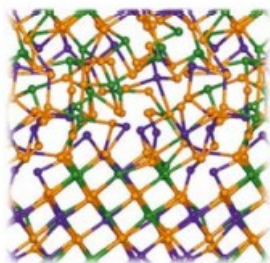
Както писахме в бр. 3/20, почти едновременно с „Постоянство“ бяха изстреляни още 2 мисии. Спътникът *Tianwen-1*, изпратен до Червената планета от Китай, пристигна в орбита около Марс на 10 февруари. Той ще провежда научни наблюдения през следващите няколко месеца. По-късно от него ще се отдели спускаем апарат с роувър и ще кацне на повърхността. Третата мисия *HOPE* (на арабски: „Ал-Амал“ – надежда) на ОАЕ е в орбита около Марс от 9 февруари. Тя е позиционирана във висока орбита и вече изпрати снимки на Марс с висока разделителна способност, с което започна изпълнението на основната си мисия – да изучи атмосферата на Марс. ОАЕ се надяват с този

проект да мотивират младите хора към кариерно развитие в областта на науката и технологиите. Ефектът от нея върху обществото в ОАЕ обаче е дългосрочен и тепърва ще бъде наблюдаван.

Есето на Александър Матер на тема „Име на роувъра“, което даде името на мисията Марс 2020 „Perseverance“

Любопитство. Проницателност. Дух. Възможност. Ако се замислим, всички имена на предишните марсоходи са качества, които притежаваме като хора. Винаги сме любопитни и търсим възможност. Ние имаме духа и прозрението да изследваме Луната, Марс и далеч отвъд. Но ако роувърите трябва да показват качествата ни като раса, пропускаме най-важното. Постоянство. Ние като хора сме се развивали като същества, които могат да се научат да се адаптират към всяка ситуация, независимо колко сурова е тя. Ние сме изследователи и ще срещнем много неуспехи по пътя към Марс. Можем обаче да постоянстваме. Ние, не като нация, а като хора, няма да се предадем. Чрез постоянство, човечеството ще се съхрани в бъдещето.

Наноаморфни интерфейси в материали с фазова памет



Модел на нано интерфейс между аморфна и кристална фази в PCM материал.

Памети с фазова промяна (*Phase-change memory – PCM*) е нова технология за постоянна памет. Тя кодира данни чрез бърз и обратим преход между аморфно и кристално състояние на *PCM* материали. В цитираната работа, на базата на теоретични пресмятания и характеризирание чрез електронна микроскопия, са разгледани ефектите в три вида наноаморфни интерфейси в *PCM* материали. Интерфейсите могат или да подобрят фазовата стабилност на аморфни фази (интерфейс аморфен Si/аморфен Sb_2Te_3) и на метастабилни кристални фази (интерфейс аморфен GeTe/кубичен Sb_2Te_3), или да предизвикат кристализация (интерфейс аморфен/кристален GeSbTe). Следователно тези

нано интерфейси могат да се използват за подобряване на способността за задържане на данни или ускоряване на скоростта на кодиране на данни.

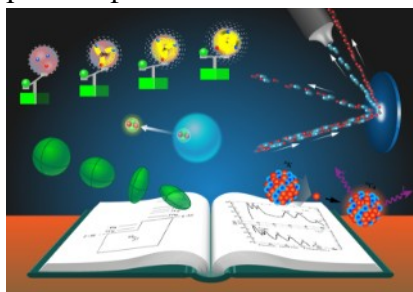
Източник: X.-P. Wang, Y.-T. Liu, Y.-J. Chen, N.-K. Chen and X.-B. Li, „Nanoscale amorphous interfaces in phase-change memory materials: structure, properties and design“, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 53, 114002 (2020).

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

50 ГОДИНИ *PHYSICAL REVIEW C*: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТАЙНИТЕ НА ЯДРОТО

Учените с поглед назад към ключови приноси в областта на
ядрената физика

През изминалата година се навършиха 50 години, откакто започва издаването на *Physical Review C* – най-авторитетното списание, посветено на ядрената физика.



За отбелязване на тази годишнина издателите на списанието подбират няколко статии, които имат ключов принос в тази област [1]. Интервюирани са някои от авторите на тези забележителни статии, както и изследователи, които все още работят по същите проблеми, за добиване на представа как всяка една от статиите е формирала областта на физиката на ядрото и продължава да влияе на нейното развитие и досега.

1979: Обща картина на деформираните ядра

(1979: „*A Universal Picture of Deformed Nuclei*“ [2])

Атомните ядра не са винаги сферични – някои по естествен начин се „деформират“ в продълговата форма, като топка за американски футбол. В статията от 1979 г. [2] Стюарт Пител (*Stuart Pittel*) от Университета в Делавейър и Педро Федерман (*Pedro Federman*), тогава от Мексиканския Националният автономен университет, показват колко важно е едно специфично ядрено взаимодействие за появата на ядрена деформация по цялата периодична таблица.

Около 1970 г. физиците бяха установили, че далекодействащи сили между квадруполните полета на два нуклона са вероятната причина за деформацията на леки ядра – тези с около двайсетина нуклона. Те са стигнали и до подобни изводи за някои тежки ядра на редкоземните елементи и актинидите. За по-леките ядра има указания, че взаимодействията между различаващите се по електрически товар нуклони – неутрони и протони – предизвикват деформацията. Но не е било ясно дали такъв е случаят с по-тежки ядра. Не е също ясно дали ядрената деформация сред ядрата с промеждутъчни маси е следствие на същия физичен механизъм.

По същото време експериментатори бяха открили нови примери на деформирани ядра сред изотопи в областта на промеждутъчните маси – тези с около 100 нуклона, като цирконий и молибден. Тези открития подтикнаха

Федерман и Пител да атакуват проблема на ядрената деформация. „Дойде ни идеята, че можем да използваме познанията от леките ядра и да ги приложим за тези нови експериментални наблюдения“, казва Пител. Двата съобразяват как квадрупол-квадруполните взаимодействия могат да се приложат в областта на средните маси и правят необходимите изчисления, за да покажат как техните идеи описват поведението на деформациите в изотопи на цирконий и молибден.

„Днес това е физика от учебниците, що се касае до разбирането на основния източник на деформация в цялата таблица на елементите, но тази статия беше наистина първата, която го показва толкова ясно“, казва Хидър Крофорд (Heather Crawford) от Лабораторията Лоуренс Бъркли в Калифорния. Като експериментатор, Крофорд изучава ядрената структура на екзотични изотопи, използвайки йонни лъчи, като се опитва да разбере нови подробности за това кога и как възниква деформация.

Крофорд смята, че в много аспекти учените днес работят по въпроси, много близки до тези, поставени от Пител и Федерман в тяхната статия. „Ние просто разглеждаме различни райони на таблицата и гледаме дали моделите, с които разполагаме наистина предсказват дадена структура, на което се надяваме, или са необходими още експериментални данни, за да прецизираме детайлите на тези модели“.

1977: Началото на изследването на компресираната ядрена материя

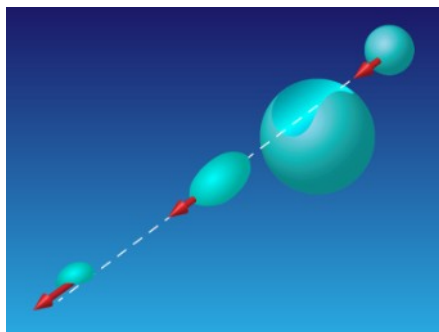
(1977: *The Beginnings of Compressed Nuclear Matter Research* [3])

Дали когато се сблъскват тежки ядра с висока скорост, те минават едно през друго като балончета газ или образуват пръски от частици като капчици вода? Екип от изследователи в САЩ и Германия се насочиха към този проблем през 70-те и 80-те години на миналия век чрез серия от експерименти, първият от които беше докладван в 1977 г.

Някои теоретици бяха предсказали, че сблъсъкът на тежки ядра ще произведе ядрена материя с колективно поведение – т.е. материята ще се разплиска настрана от точката на удара като течност. В описаните в статията от 1977 г. експерименти е използван ускорителят на частици Бевалак (Bevalac) в Лабораторията Лоурънс Бъркли – за бомбардиране на мишени от злато и уран с ядра на хелий, въглерод и неон. Беше измерено разпределението на импулса на частиците, които са се образували след сблъсъка, за да се види дали те следват предсказаното подобно на разплискване поведение.

От първите експерименти е било трудно да се определи дали частиците са следвали предсказаното поведение. Но след няколко години екипът използва сферичен детектор – спектрометър, наречен еластична топка (*Plastic Ball*), който е можел да хване почти всички частици, образували се при дадено сблъскване. По този начин изследователите получават по-пълна картина на поведението на ядрената материя след сблъсък. И разбира се, тези експе-

рименти ясно показват колективно, подобно на разплискване, поведение на получените фрагменти.



Фигура 1. Илюстрация от статията [3] на Артър Посканзер (Arthur Poskanzer) и колеги, показваща как едно ядро се сблъсква с друго и отнася част от него

(Alice Ohlson) от Университета в Лунд, Швеция.

Олсон участва в експеримента *ALICE* в Церн, който е посветен на сблъскването на тежки йони. Неговата цел е да изследва кварк-глюонната плазма, която се образува при тези екстремни сблъсъци, и да се види какво може да научим за силното взаимодействие, квантовата хромодинамика и фазовите преходи в ядрената материя.

„В статията имаше цитат за възможността да се използват подобни измервания за разбиране на фазовите диаграми на квантовата хромодинамика или фазовите диаграми на ядрената материя“, казва Олсон. „И това е нещото, което се опитваме да направим днес“.

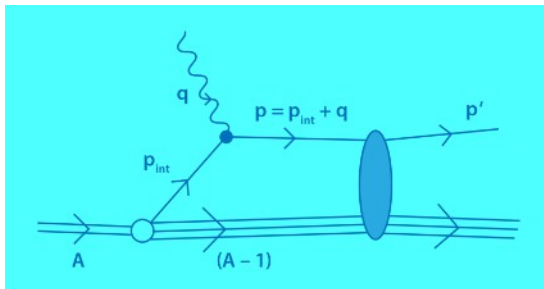
1993: Откриването на припокриващи се нуклони

(1993: *Detecting Overlapping Nucleons* [4])

Нуклоните в атомните ядра са подложени на много взаимодействия, включително и на т.нар. Близкодействащи корелации. Този вид взаимодействия се появяват, когато два нуклона са толкова близко, че се докосват и придобиват високи импулси един спрямо друг – много по-големи от средния на нуклоните в ядрото. Много физици смятаха, че няма да бъде възможно да се наблюдават директно експериментално близкодействащите корелации, защото други ядрени явления прикриват техния ефект. В статия от 1993 г. Леонид Франкфурт (L. L. Frankfurt) от Университета в Тел Авив и колеги демонстрираха първите експериментални данни за неуловимото взаимодействие.

Дже десетилетия преди това физиците смятаха, че близкодействащи корелации са необходима компонента на ядрените взаимодействия. Но нямаше експеримент, способен да види тези корелационни ефекти – нужна беше ви-

сокоенергетична, с висок импулс сонда, каквато тогава нямаше. След 70-те и 80-те години много изследователи се прехвърлиха към модели на средно поле, които не използваха близкодействащи корелации. „По това време мнозина започнаха да твърдят, че е просто невъзможно да се измерят експериментално близкодействащите корелации в ядрото“, казва Марк Стрикман от Университета Пен Стейт, един от авторите на статията.



Фигура 2. Диаграма на разсейване от статията на Марк Стрикман (Mark Strikman) и колеги [4]

В крайна сметка, високоенергийна електронна „сонда“, способна да открие близкодействащи корелации в ядрото, беше разработена в Националната лаборатория SLAC (Stanford Linear Accelerator Center). Обаче първоначалните анализи на експериментите по разсейване игнорираха динамиката на двунуклонните близкодействащи корелации, разглеждайки само крупномасштабни ефекти на средното поле. Но през 90-те Франкфурт и колеги намериха начин как да анализират експерименталните данни от ядра с повече от два нуклона и как да мерят броя нуклонни двойки, изпитващи близкодействащи корелации в дадено ядро.

„Тази статия беше първата, която ни даде експериментален инструмент за отчитане на броя корелирани двойки нуклони вътре в ядрото“, казва Ор Хен (Or Hen) от Масачузетския технологичен институт. Използвайки експерименти с разсейване при високи енергии, Хен изследва близкодействащи корелации и тяхното значение за ядрената структура и неутронните звезди.

Като част от честването на юбилея, *Physical Review C* публикува и колекция от важни статии, които остават в центъра на развитието в областта на ядрената физика. Тези статии обявяват значителни открития или откриват нови пътища за изследвания. Това е знак за доверието на физичната общност към най-високото качество, което *Physical Review C* традиционно поддържа и възнамерява да поддържа и за в бъдеще.

Литература

[1] *The Physical Review's Split, 50 Years Later*, Physics **13**, 27, March 2, 2020

- [2] P. Federman and S. Pittel, *Unified shell-model description of nuclear deformation*, Phys. Rev. C 20, 820 – Published 1 August 1977
- [3] J. Gosset, H. H. Gutbrod, W. G. Meyer, A. M. Poskanzer, A. Sandoval, R. Stock, and G. D. Westfall, *Central collisions of relativistic heavy ions*, Phys. Rev. C 16, 629 – Published 1 August 1977
- [4] L. L. Frankfurt *et al.*, „Evidence for short-range correlations from high Q^2 (e, e') reactions“ Phys. Rev. C 48, 2451 (1993)
- [5] <https://journals.aps.org/prc/50th>

Подбор и превод: **Бойко Георгиев**

50 YEARS OF PHYSICAL REVIEW C: EXPLORING THE SECRETS OF THE NUCLEUS

To celebrate golden anniversary Physical Review C, the journal's editors select three papers from its archive that made key contributions to the field. Some of the papers' authors, as well as earlier-career researchers now active in those areas, were interviewed to elucidate how the papers shaped the field and continue to influence research today.

КОМЕНТАР КЪМ „1979 Г.: ОБЩА КАРТИНА НА ДЕФОРМИРАНИТЕ ЯДРА“ от публикацията „50 години *Physical Review C*: Изследване на тайните на ядрото“

Ана Георгиева

Коментарът предлага кратко описание на още един аспект на приносите на Стюарт Пител към развитието на ядрената физика: неговото активно взаимодействие с научната общност и в частност неговото сътрудничество с група български теоретици от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) към Българската академия на науките (БАН).

В тази част на статията се отчита приносът на Стюарт Пител (*Stuart Pittel*) от Университета в Делауеър и Педро Федерман (*Pedro Federman*), тогава от мексиканския Националния автономен университет, в разкриването на

вързката между протон-неутронното взаимодействие и появата на ядрената деформация по цялата периодична таблица.

Оценката от издателите на списанието за ключов принос в областта на ядрената структура на Пител и Федерман ме провокира да споделя впечатленията си и резултатите от изключително плодотворното сътрудничество на колектив от български учени (сред които бях и аз) от Института за ядрена физика и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) при Българската академия на науките (БАН). За съжаление, много от тези учени вече не са между живите, но може би, би било полезно за младото поколение български изследователи в тази област да научат как работехме и какви резултати имахме, възползвайки се от новите възможности, които получихме в началото на 90-те години на миналия век.

В нашия колектив безспорен лидер и източник на много идеи беше проф. д.фз.н. Петър Райчев (1938 – 2004) [1]. Най-близкият му съратник и изключителен „аналитичен сметач“, доц. д-р Руси Русев (1946 – 2000) [2], успяваше да реализира много от идеите му в областта на приложението на теорията на симетриите в ядрената структура. Към тази тематика и аз бях привлечена от красотата и универсалността на групово-теоретичния подход. От този екип вече се разработваше на базата на основни симетрии $U(6)$ и $U(3)$ един нов модел на колективните свойства на ядрото – Моделът на взаимодействащите векторни бозони [3], който даваше обещаващи резултати при сравнение на теорията с експеримента. Моделът се разви и получи популярност благодарение на многобройните сътрудничества и включването на млади сътрудници в колектива. Тази малка група беше изключително привлекателна за млади физици, като ръководеше много и дипломанти, и докторанти, които след защитата на дисертациите си оставаха да работят в тази област и намираха успешна реализация. Сред тях ми се иска да спомена колегата Веселин Георгиев [4], който след дипломната си работа при нас се разви като изключително успешен теоретик и в САЩ. По-късно към нашата група се присъедини и проф. д.фз.н. Марио Стоицов (1953 – 2011) [5], по-млад от нас, но изключително талантлив, работлив и бързо развиващ се теоретик, владеещ сложните програми за микроскопични пресмятания в ядрената физика.

Интересни в работата на нашата малка групичка в Лабораторията по теория на ядрото на ИЯИЯЕ бяха и многобройните научни сътрудничества с най-известните теоретици в областта, като проф. В. Ванагас от Вилнюс, Литва, проф. Ю. Ф. Смирнов от Московския държавен университет (МГУ), Русия, проф. Д. Бонатсос от Института „Демокритос“, Атина, Гърция, и др.

Сред тях беше и проф. Стюарт Пител, който от 1988 до 2005 г. е и директор на Изследователския институт Бартол към Университета в Делавеър (*Bartol Research Institute, University of Delaware*) [6]. Той работи и до днес, като има над 94 публикации в реномирани списания, 76 публикувани докла-

да в материали на конференции и над 1400 цитата. Областите, в които са научните изследвания на проф. Пител, включват широкомащабни микроскопични описания на ядрената структура, прости модели, които улавят съществената физика на ядрените колективни свойства, и фундаментални въпроси като произхода на деформацията и промените във формата на ядрата. Също така той работи и в създаването на поредица от нови квантови модели, които могат да бъдат използвани, за да дадат отговори на важни въпроси в ядрената физика и в много други области. Именно в този аспект се разви и нашето сътрудничество със Стюарт Пител, което беше осъществено с финансовата помощ на два договора с Националната научна фондация на САЩ – PHY-9303041 и INT 9224875, а от наша страна – по договор F10 с Националният фонд за научни изследвания към Министерството на образованието и науката. Това позволи няколко посещения от наша страна в САЩ, които, освен прекрасните условия за съвместна работа по проекта ни, създадоха множество нови контакти с известни учени от САЩ. Нескромно мога да дам пример с моето дългогодишно сътрудничество с проф. Джери Драйер (*Jerry Draayer*) от Щатския университет на Луизиана, където направиха докторантури и работиха успешно 4-ма наши дипломанти.



Разбира се, и самият Стюарт ни беше чест гост в България, където, освен в съвместната ни работа, той с ентузиазъм и удоволствие участваше в конференции, школи и семинари по ядрена физика, което беше изключително благотворно и за всички наши колеги.

В резултат на сътрудничеството ни с проф. Пител беше публикувана във *Physical Review C* 52 (1995) 2131, статията ни „*Baryon mappings applied to the three-color delta model*“ (Барионно проектиране, приложено към трицветен делта модел) с автори: *A. I. Georgieva, R. P. Roussev, P. P. Raychev and M. V. Stoitsov, S. Pittel и J. Dukelsky* от Института по структура на материята, Мадрид, Испания.

В статията проектирането на безцветни трикваркови клъстери върху безцветни бариони се прилага към трицветен делта модел на кварки в границата на безкрайната ядрена материя. Тази работа представлява една първа основополагаща стъпка към теория, която е в състояние да включи в една и съща основа както кварковата структура на нуклона, така близкоредействащите взаимодействия между нуклоните, като в същото време точно описва традиционните ядрени свойства. Такава теория може да осигури уникален подход към търсенето на явни кваркови ефекти в ядрената физика. Всъщност крайната цел на тази работа е да хвърли светлина върху този основен въпрос в ядрената физика.

Целта на този коментар е да даде оценка освен на изключителната научна дейност на проф. Пител, но и на неговото активно взаимодействие с научната общност. Затова ще цитираме едно изказване на проф. Рик Кастен (*Rick Casten*), виден експериментатор от Университета в Йейл (*Yale University*), и близък приятел на Стюарт, който казва, че „*Пител има дълбоко влияние в изучаването на ядрената структура, провеждайки някои от най-важните и пионерски изследвания при теоретичното ѝ разбиране. В допълнение към тази оценка трябва да се добави и сътрудничеството на Стюарт Пител с учени от всички страни, не само с такива от предния фронт на науката. Той положи специални и много успешни усилия да ги въвлече в най-актуалните за областта изследвания, да им помогне да създадат и други успешни контакти, както и те самите да станат международно известни. Всичко това е от полза не само за тези учени, а и за ядрената физика изобщо, защото и те самите дадоха своя научен принос в областта*“.

Надявам се, че с този коментар дадох един пример за това. И използвах тази възможност да изкажа още веднъж благодарността си към колегата, учения и приятеля – проф. Стюарт Пител.

[1] <http://www.inrne.bas.bg/index.php/in-memorial/peter-raychev>

[2] http://www.inrne.bas.bg/en/2011-06-05-04-29-43/doc_download/231-.html

[3] *Physics of Particles and Nuclei*, 2009, Vol. 40, No. 4, pp. 461–501. © Pleiades Publishing, Ltd., 2009

[4] <http://roninstitute.org/research-scholars/vesselin-gueorguiev/>

[5] <http://ntl.inrne.bas.bg/>

[6] <http://www.bartol.udel.edu/>

COMMENT TO
„1979: A UNIVERSAL PICTURE OF DEFORMED NUCLEI“
of the publication
50 years of *Physical Review C: Exploring the secrets of the nucleus*

Ana Georgieva

The commentary offers a brief description of another aspect of Stuart Pittel's contributions to the development of nuclear physics, his active interaction with the scientific community and in particular his collaboration with a group of Bulgarian theorists from The Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy (INRNE) at the Bulgarian Academy of Sciences (BAS).

Д-Р ЗЛАТКО МИНЕВ – НОСИТЕЛ НА НАГРАДАТА „ДЖОН АТАНАСОВ“ ЗА 2020 Г.

Сашка Александрова



Наградата „Джон Атанасов“ за изявени млади български учени, постигнали изключителни резултати в областта на компютърните науки за 2020 г., получи д-р Златко Минев. Той е роден в София. Образованието си е получил в САЩ, бакалавърската степен по физика – в Калифорнийския университет в Бъркли (*University of California, Berkeley*), а магистърската и докторската степени по приложна физика – във Факултета по приложна физика в Университета „Йейл“ (*Department of Applied Physics, Yale University*). В настоящия момент заема постоянна позиция в *IBM Quantum, T. J. Watson Research Center IBM, Yorktown Heights, NY*.

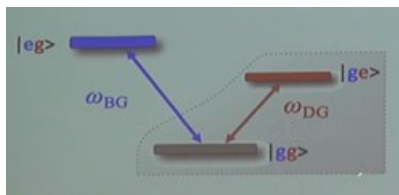
Основната статия на Златко Минев „**Да хванеш и обърнеш квантовия скок по средата на полета**“ (*To Catch and Reverse a Quantum Jump Mid-Flight*), на която се базира докторската му дисертация, и с която той предизвика небивал интерес сред физичната общност, е публикувана през 2019 г. в *Nature*, едно от най-авторитетните научни списания с голям импакт фактор. Следват съобщения в световните списания и медии „*Scientists Catch a Quantum Jump as It Happens*“, „*To catch a quantum jump*“, „*Is he the next Nobel Prize winner in physics?*“, „*Physiker retten Schrödingers Katze und bringen uns Quantencomputern näher*“, „*Предсказатъ и предотвратитъ: физики обуздали квантовую случайность*“. Навсякъде в съобщенията фигурира: Златко Минев, рождена страна – България.

Темата за квантовите скокове между две дискретни енергетични нива в атома занимава физичната колегия още от времето, когато Нилс Бор предполага тяхното съществуване, срещайки категоричното несъгласие на Ервин Шрьодингер. Природата и съществуването им остават предмет на спорове в течение на десетилетия до експерименталното им наблюдение в средата на 80-те години на миналия век. Оттогава е и парадоксът, известен като „Котката на Шрьодингер“.

В квантовата физика измерванията могат по същество да дадат дискретни и случайни резултати. Квантовите скокове са резки и внезапни и моментът, в който те настъпват, се счита за фундаментално непредсказуем. Златко си задава въпроса: „*Възможно ли е, въпреки недетерминистичния характер на квантовата физика, да се установи дали предстои да настъпи квантов скок?*“. През ваканция у дома в София, след усилена работа, той намира на-

чин за проектиране на експеримент, който да тества този ключов въпрос, и да разбере какво наистина се случва. Отговорът, който той и колегите му получават, е утвърдителен. Експерименталните резултати показват, че всеки скок се извършва непрекъснато, последователно и детерминирано.

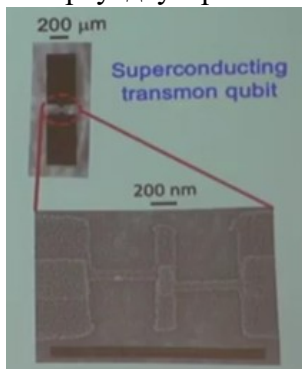
Експериментът включва разработване на свръхпроводящ изкуствен атом с V-образна структура на енергетичните нива (наречена така, тъй като вклю-



ча три нива: основно, възбудено и междинно), който всъщност имитира кюбит – основната информационна единица на един квантов компютър. Елементите на паметта са необходими, за да се записва, четете и презаписва информация в тях. Презаписването променя състоянието

на кюбита. Физически това се реализира като преход между енергийните нива. Фактът, че моментът на подобен преход е непредсказуем, затруднява силно следенето на коректността на изчисленията и коригирането на грешки.

Изкуственият атом представлява свръхпроводяща електрична верига, в центъра на която има изолираща бариера – Джозефсонов преход. Изработен е върху двустранно полирана сапфирена пластина чрез електронно-лъчева



литография. Експериментът се провежда при температура 0,015 К. Атомът (кюбитът) се облъчва с микровълни за осъществяване на преходи между нивата, в очакване да се премести на горното енергийно ниво с тяхна помощ. И така, докато кюбитът „няма намерение“ да премине към горното енергийно ниво, той непрекъснато се „превключва“ от долното ниво към междинното и обратно, като при връщане от междинното ниво към по-ниското микровълните генерират фотони. В момента преди да предстои преход към гор-

ното ниво, се наблюдава пауза, т.е. излъчването под формата на фотони изчезва. Това „изключване“ е сигнал, че скоро кюбитът ще направи квантовия скок. Може да се каже, че има прозорец на предсказуемост.

Плавността на прехода означава, че след започването му, той може да бъде върнат обратно чрез изпращане на точно изчислен излъчващ импулс. Изследователите осъществяват това в реално време. Ако се върнем към котката на Шрьодингер, това би означавало, че ако е започнал преход от „живо“ в „мъртво“ състояние, то можем да върнем системата обратно и да я спасим.

„Квантовите скокове в атома са аналогични на вулканично изригване“ – казва Златко Минев. „Те са напълно непредсказуеми в дългосрочен план. Въпреки това, с подходящо наблюдение, можем уверено да открием ранно предупреждение за предстояща катастрофа и да предприемем действия преди да настъпи... Предстои много работа преди това изследване да бъде инте-

грирано в съществуващите квантови компютри. За момента е много важно, че можем да видим как квантовата механика работи в реално време“.

Тази работа не само помага на учените да разберат по-добре механизмите на квантовите явления. В бъдеще това ще помогне да се създаде принципно нов метод за корекция на грешки в квантовите компютри, за установяване че даден кубит е на път да промени състоянието и за предотвратяване на това събитие, ако е нежелателно.

Авторите на статията отбелязват, че резултатите от тяхната работа не противоречат на вероятностния характер на квантовата механика. Въпреки факта, че физиците могат да предскажат състоянието на системата за кратки интервали от време, в дългосрочен план грешките в измерването се натрупват и поведението на системата отново става непредсказуемо.

В едно интервю Златко казва: „Докато квантовите скокове изглеждат непредсказуеми и дискретни (както смята Бор) в дълговременна скала, те всъщност са непрекъснати (както предполага Шрьодингер) и могат да притежават известна степен на предсказуемост (донякъде в духа на Айнщайн) в кратък период от време. Техните привидно противоположни гледни точки съществуват едновременно. Получава се изненадващо заключение: всички те са едновременно и прави, и неправи“.

Проектът му е избран като откритие на годината и се превръща в най-доброто откритие по математика и физически науки в *Top 50 Discoveries of the Year* на списание *Discover*. Публикуваната от д-р Минева статия за неговия проект е призната в световните медии и обявена за най-харесваната и четена история на *Yale News* за 2019 г. През 2020 г. д-р Златко Минева е избран като един от 35-те „Глобални иноватори под 35 години“ (*35 Global Innovators Under 35*), в категорията „Визионери“ в престижната класация на *MIT Technology Review*.

Минева се занимава и с популяризиране на науката сред младите хора. Преподава в безплатната и отворена за всички лятна школа *Qiskit (Qiskit Global Summer School)* за квантови изчисления с над 4000 студенти. Основава и ръководи национална организация (*Open Labs*, от 2012 г.), която вдъхновява и създава пътища за научна кариера на непривилегирани млади хора. За резултатите, постигнати с *Open Labs*, той е удостоен с престижната награда на Йейл „*Yale-Jefferson*“ за обществени заслуги.

Надяваме се д-р Златко Минева да ни дава поводи да пишем за следващи приноси във физиката и технологиите.

Литература

Z.K. Minev, S.O. Mundhada, S. Shankar, P. Reinhold, R. Gutiérrez-Jáuregui, R.J. Schoelkopf, M. Mirrahimi, H.J. Carmichael, and M.H. Devoret, „To Catch and Reverse a Quantum Jump Mid-Flight“, *Nature* **570**, 200 – 204 (2019) (<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1287-z>).
<https://www.discovermagazine.com/the-sciences/scientists-catch-a-quantum-jump-as-it-happens>
<https://www.technologyreview.com/innovator/zlatko-minev/>

АСТРОФИЗИЧКАТА ЛЮБОВ МАРИНКОВА – НОСИТЕЛ НА НАЦИОНАЛНАТА СТИПЕНДИЯ „ЗА ЖЕНИТЕ В НАУКАТА“ ЗА 2020 Г.

Пенка Лазарова



*Звездите са едни светлинки в небето,
едни светлинки надежда, които просто отварят света,
отварят душата ти към нещо очакващо. Надеждата!*
Любов Маринкова, интервю по БТВ, 4.01.2021

На тържествена онлайн церемония на 8 декември 2020 г. бяха обявени трите победителки в Десетото юбилейно издание на Националната стипендиантска програма „За жените в науката“. Д-р Радослава Бекова, д-р Искра Колева и Любов Маринкова получиха престижното отличие за своите новаторски научни идеи във впечатляващите си научни проекти в сферата на океанологията, химията и астрофизиката при изключително силна конкуренция – общо 51 участници с преобладаващи проекти в областта на биологията, химията и медицината.



Астрофизичката **Любов Маринкова** е на 29 години. Тя е член на единствената група у нас по звездообразуване – към катедра „Астрономия“ във Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Бакалавър е по специалност „Компютърни системи и технологии“ (2014), а през 2017 г. защитава и магистърска степен по специалност „Космически изследвания“. По време на следването си работи като физик към Института по астрономия с НАО Рожен към БАН. От 2018 г. е редовен докторант по астрофизика с ръководител доц. д-р Тодор Велчев към катедра „Астрономия“, а от септември 2020 г. – асистент по обща физика, лабораторни упражнения, в ТУ – София.

Интересът на Любов към звездите и непознатото датира още от детска възраст, когато се заражда мечтата ѝ да допринесе по някакъв начин към общото благо чрез разгадаване тайните на необятния Космос. Тази детска мечта я насочва към астрофизиката.

Научната дейност на Любов Маринкова е насочена към изследване, разработване и анализ на математически методи, с чиято помощ може да се проследи зараждането и еволюцията на звездите в звездообразуващите региони – молекулярните облаци (МО). Основната цел на научните ѝ изследвания е да открие отговор на въпроса: „Къде и как се раждат звездите?“. Тематиката се радва на засилен интерес от научни групи по целия свят и представлява голямо предизвикателство за един млад учен.

През последните две години астрофизичката е съавтор в три научни публикации, участвала е по програмата на „Еразъм+“ с цел практика в Института по астрофизика, Хайделберг, Германия, и има представяне в две международни конференции.

Проектът, с който Любов Маринкова печели стипендията „Жените в науката“, е озаглавен: **„Физически анализ и моделиране на общата структура на молекулярни облаци – отделяне на втора степенна опапка от вероятностните разпределения на плътността (ρ -pdf и pdf) в звездообразуващи региони“**. Целта му е изработване и прилагане на методи за анализ и изследване на данни от симулации и наблюдения на звездообразуващи региони, а очакваният резултат – по-добро разбиране на ранната еволюция и структурата на молекулярните облаци или по-просто казано, къде и как се раждат звездите. Тематиката се радва на засилен интерес от научни групи по целия свят и представлява голямо предизвикателство за един млад учен.

Стипендията ще помогне на Любов Маринкова да участва в международни конференции, школи, работни визити в България и чужбина, защото особено в нейната област, когато се работи с нови методи за анализ на съвременни числени симулации, обмяната на опит е жизнено важна. Талантливата астрофизичка иска да работи за утвърждаване и разширяване на групата по звездообразуване, тъй като темата, по която участниците в нея работят, е нова, динамична и бързоразвиваща се в чужбина, а у нас тепърва набира сила.

В интервю, поместено на сайта на на Националната програма „За жените в науката“ (www.zajenitevnaukata.bg), Любов дава „рецептата“ за успех на момичетата, които биха искали да се занимава с наука: *„да бъдат смели и търпеливи, и да не се отказват, когато има трудности, защото наистина си заслужава“*. Въпреки стереотипа, че сферата на точните науки често се счита за мъжка, жените трябва да работят още по-усърдно, с по-голяма вяра и сила към целта, защото *„имат място в науката, колкото и на всяко друго място“*. Защото *„светът винаги е имал нужда от наука, тя е движещата сила на прогреса и цивилизацията“* и обществото разбра това особено през изминалата 2020 година. И въпреки че все още се робува на стереотипа, че науката е запазена територия за мъжете, *„жените имат място в нея, колкото и на всяко друго място“*.

Националната стипендиантска програма „За жените в науката“ се провежда в България в партньорство между *L'Oréal* – България, СУ „Св. Климент Охридски“ и Националната комисия за ЮНЕСКО – България – институции, които споделят общата мисия да оказват подкрепа на талантливите жени учени на България в сферата на естествените науки. До 2013 г. програмата награждава по две жени учени на година. Поради големия интерес към конкурса, от 2014 г. организаторите предоставят още една стипендия, за да подкрепят всяка година 3 млади жени учени, записали или защитили докторантура, в ключов момент от кариерата им и да отличат техния научен потенциал. За тези 10 години 27 млади българки (вкл. трите стипендиантки от 2020 г.) са лауреати на Националната стипендиантска програма, като са получили по 5000 евро всяка, за да реализират своите научни проекти в областта на естествените науки в България, сред които, освен Любов Маринкова, са още 5 физички:

- **Василка Стефлекова** от ИФТТ – БАН за проект: „Емисионна спектроскопия с лазер-разряд в кух катод за преки анализи“ (2012)
- **д-р Силвия Бакалова** от ИФТТ – БАН за проект: „Импулсно лазерно отложени наноструктури от AlN с контролируеми морфология и оптични свойства“ (2013)
- **д-р Екатерина Борисова** от ИЕ – БАН за проект: „Поляризационна флуоресцентна спектроскопия на кожни новообразувания за ранна диагностика на рак“ (2014)
- **д-р Антония Вълчева** от катедра „Астрономия“ на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ за проект: „Търсене и изследване на променливи обекти в галактиката M31“ (2015)
- **д-р Наталия Берберова-Бухова** от ИОМТ – БАН за проект: „Поляризационен холографски запис в азополимерни нанокомпозити“ (2017).

Примерът на младите жени учени, спечелили Националната стипендиантска програма „За жените в науката“, трябва да бъде вдъхновяващ за насърчаване на други млади жени да изберат науката за своя кариера. Да бъдеш жена учен е предизвикателство – поради биологичната роля на жената като майка, съпруга, домакиня, необходимостта да се намери баланс между работата и почивката, но с креативност, въображение и кураж да преследва мечтите една жена може да успее. Защото жените в науката (а и не само в нея) имат силата да променят света

Мисията на великолепната инициатива „За жените в науката“ продължава. На сайта www.zajenitevnaukata.bg ще намерите информация за новото, единайсто под ред издание на Националната стипендиантска програма, търсещо най-талантливите млади жени учени в България. Защото светът се нуждае от наука, а науката повече от всякога има нужда от жени!

35 под 35: Юлия Мутафчиева

Юлия е докторант в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика – БАН. Занимава се със създаване на модел, чрез който да се симулира вътрешността на магнетари – екзотични неутронни звезди, генериращи зверски магнитни полета. В момента работи по докторската си дисертация. Седим с Юлия и Лили Атанасова (от „Светът на физиката“) в един популярен бар, носещ духа на стара Хавана и намиращ се на не толкова оживената през август столична улица „Димитър Хаджикоцев“. Това е второто интервю от нашата нова рубрика „35 под 35“, в която ви представяме млади учени, избрали да „правят наука“ в България.

За „Светът на физиката“ интервюто взе **Стефан Лалковски**



СФ: Юлия, в края на докторантурата си и най-вероятно вече работиш по дисертацията си. Ще те попитаме и за нея, но би ли разказала на читателите ни как минава един работен ден на докторант последна година?

ЮМ: Ставам, закусвам, проверявам си мейлите. Кореспонденцията ми отнема много време. Следобед времето е за други работи. Често седиш пред екрана, мислиш и гледаш мигащия курсор. И Латех-ът те гледа и ти гледаш Латеха. Оправяш грешки от компилирането, технически неща и форматиране. И това два часа. После пишеш две изречения и си казваш: „Днес свърших много работа“. Но се оказва, че основно си ра-

ботил по формата на документа, а не по съдържанието на дисертацията. Рядко ми се отдава да напиша много текст наведнъж. Работата по вече написан текст е по-лесна, тъй като редактирането му е по-лесно от измислянето му.

СФ: На български или на английски пишеш?

ЮМ: Текстът на дисертацията е на английски. Авторефератът трябва да е на български. Писането на български ми е по-големият проблем, тъй като основните ми литературни източници са на английски и познавам научните термини добре на английски. Преводът им на български обаче ми е проблем, тъй като повечето от научните термини са специфични за нашата област и не съм ги срещала в български литературни източници.

СФ: А имаш ли система на писане? Например да пишеш в определено време от деня и да знаеш, че това време е отделено само за писане, а не за форматиране на текста

ЮМ: Нямам и това е проблем. Сутрин основно времето ми е отделено за кореспонденция. Следобедите съм по-ефективна в писането. Получавам съобщения на телефона, когато получавам мейли, но съм изключила звука, тъй като това много разсейва. Имам разширен план на дисертацията за това къде и какво трябва да бъде написано. В процеса на писане, когато видя, че съм пропуснала нещо важно, а е необходимо за изложението, го добавям в плана. Имам чернови и тефтер, в които си водя записки. Уводът и методологията са ми по-сложни за написване. Когато пиша основната част на текста и стигна до някой специфичен термин, го отбелязвам, за да го опиша в увода. Резултатите са ясни, тъй като ти е ясно какво и как си направил.

СФ: Каква част от дисертацията си написала вече? В скоро време очаква ли се да я завършиш или си още в началото?

ЮМ: Надявам се, че ще я завърша скоро, при положение, че пиша от няколко години. На практика обаче пиша сериозно от около година. Основните резултати са готови. Те са описани в статиите, които публикувахме, но когато трябва да синтезираш един цялостен текст и да опишеш всичко последователно, е трудно. *Copy/Paste* от статиите не става. Трябва цялото съдържание в дисертацията да се напише наново. А писането по принцип е труден и бавен процес.

СФ: Изкарала си част от докторантурата си в Белгия. Нали така? Къде в Белгия?

ЮМ: Прекарах около четири месеца в Института по астрономия и астрофизика към Свободния брюкселски университет. Първоначално идеята беше да направя съвместна докторантура, но в един момент се оказа, че поради административни причини това няма да се случи. Затова ми се наложи да разчитам на отделни визити в Белгия, които са директно свързани с темата на дисертацията ми. Всъщност основната част от резултатите по дисертацията получихме именно по време на тези посещения.

СФ: Завършила си СУ, ако трябва да направиш сравнение с белгийския университет?

ЮМ: Завършила съм бакалавърска степен в СУ, специалност Инженерна физика, въпреки че дипломната ми работа беше на астрономическа тема – „Формиране и еволюция на звездни протокупове“. Дипломен ръководител ми беше доц. Т. Велчев. Астрономията винаги ми е била интересна, но когато се записах във Физическия факултет не записах Астрономия, метеорология и геофизика (АМГ), тъй като беше нова специалност, а аз не желяех да поема риска и да запиша специалност без история. Може би все пак трябваше да проуча въпроса повече. Щях да разбера, че все пак тази специалност

се води от преподаватели с дългогодишен опит. Така или иначе в бакалавърската степен повечето от курсовете карахме с колегите от новата (тогава) специалност АМГ. А изборните ми курсове така или иначе бяха от курсовете, предлагани от катедра „Астрономия“. Така че може да се каже, че неформално съм завършила бакалавърската специалност АМГ.

СФ: А след това каква магистратура следва?

ЮМ: Направих магистратура по теоретична и математическа физика. Бях започнала да се занимавам с магнетари и математическата физика ми се струваше най-подходящата специалност за моите цели. Сега оценявам, че може би щеше да бъде полезно да изкарам допълнително някои курсове от астрономията. Но това, което много липсва в образованието ми, е ядрената физика. Сега мога да запълня празнините, но след като завърши, на човек не му се налага да прочете даден учебник от – до. Обикновено се четат отделни глави, които са свързани с проблема, върху който работиш. Но четенето на учебници от корица до корица ти дава по-широка перспектива. Проблемът е, че когато работиш върху дадена задача обикновено гониш срокове и не остава много време за систематично дообразование.

СФ: В университета този процеп се „изглажда“ с преподаване. От докторантите се изисква да помагат в обучението, което допринася за по-плавния преход между двете състояния. Не че всички се възползват от това. По-скоро някои го имат за неприятно задължение. Като цяло смятам, че е добра практика. При вас в БАН обаче такова нещо няма, което може би е недостатък?

ЮМ: Може би, ако бях останала във Факултета, по друг начин щеше да се развие кариерата ми. Но аз много не исках да преподавам. Знам, че не мога да обяснявам добре. Може би все пак и това се учи, но според мен не всеки е роден да бъде преподавател.

СФ: Говорейки за кариерата, как смяташ, че се развива твоята до момента? Представяла ли си си, че животът ти би бил такъв, какъвто е? Спонтанно решение ли беше да запишеш физика или беше дълго обмисляно?

ЮМ: За спонтанно – не знам, но определено беше странно. Бях започнала да взимам курсове по химия и биология. Интересни ми бяха и естествено то ми решение беше да кандидатствам медицина. След няколко месеца ми просветна, че ако ще уча медицина, ще трябва и да я работя. А работата с хора не ми е силната страна и се замислих дали искам цял живот да работя нещо, което не желая. Огледах се какво друго ми е интересно и се оказа, че астрономията винаги ми е била интересна. Важен за избора ми беше дядо ми, който, когато бях малка, ми разказваше много за звездите, съзвездията. Тогава изникна въпросът: „Къде се учи астрономия?“. Разпитах хората около мен и в училище и се оказа – в Софийския. Това е мястото.

СФ: А какво си мислела, че ще правиш, след като завършиш физика?

ЮМ: Мислех, че ще работя научна работа. Но струва ми се, че все пак не се замислях много какво точно ще правя след това. Не бях много кариерно ориентирана, но знаех, че исках да правя нещо с физика.

СФ: Може би това не е въпросът, който би трябвало да ти задам, но сега, ако се върнеш назад във времето, смяташ ли че си направила правилния избор

ЮМ: За физиката нямам никакви съмнения. Може би сега бих записала АМГ. Отношението от страна на преподавателите във Физическия факултет беше много колегиално. Мотото беше: „*Вие сте дошли да учите физика. Ние ще ви научим*“. От разговори с приятели, обучаващи се в други направления, знам, че това отношение не се среща често. Така че съм абсолютно щастлива, че избрах да уча физика в Софийския университет. Може би, ако беше специалността „Астрономия“, щеше да е по-добре за мен ...

СФ: ... с малко повече ядрена физика. ☺

ЮМ: (смее се) с повече ядрена физика в магистратурата. Може би ще го компенсирам с четене на учебници с кориците.

СФ: ... рано или късно ще ти се наложи. ☺

ЮМ: Да. Важно е. Тъй като в учебника всичко е изведено последователно и ако го четеш внимателно, може да вникнеш в детайлите. В научните статии често пътят за получаване на крайните резултати не е очевиден. Това донякъде може би се компенсира от докторантските курсове... Но често в тези курсове се разглеждат въпроси, които още не са описани в учебниците. Другият недостатък в образованието ми се оказва е руският. В библиотеките има много физическа литература на руски, но съм от поколението, което за съжаление не владее езика. А физика в България, без руски ...

СФ: Следващият ми въпрос е може би в малко по-друга посока. Ако трябва да рекламираш специалност „Физика“ на СУ, кое е нещото, което би искала да ни кажеш?

ЮМ: Говорете с учителите си. Питайте ги какво е това, което ще учиш в тази специалност. Много хора нямат представа и не знаят какво означава да учиш физика, а те наистина могат да ви насочат. От моя клас всички отидоха да учат туризъм, защото съм завършила езикова гимназия. Това беше модерно тогава. След това се оказа, че само един от тях продължи да работи в същото направление. Всички други смениха амплото си. Затова е важно да направиш проучването си. След това, поне във Физическия факултет, когато отидеш при преподавател с въпроси, ще ти обърнат внимание и ще ти отговорят или най-малкото ще те насочат към колега, който има отговорите на въпросите, които те интересуват. Аз така си намерих ръководителя на бакалавърската ми дипломна работа.

СФ: А кое е нещото, което те мотивира в момента?

ЮМ: Аз съм все още в началото на кариерата си и се интересувам от учаването на нови неща, да разширим нашия модел, да стигнем до по-дълбоки слоеве на магнетарите. Това са нещата, които представляват интерес за мен. Искам да разбера какво ще стане, ако приложим нашия модел в тези условия. Важно е да има някакво развитие в тематиката и да намериш и работиш по тема, която да е интересна и за други. Това е важно и от гледна точка на финансирането на изследванията. За мое щастие, аз не съм още на този етап от развитието си и мога да правя каквото ми е интересно.

СФ: Сравнявате ли резултатите от изчисленията с наблюдателни данни или няма много такива?

ЮМ: Да, няма много такива. Информация получаваме от избухванията на магнетарите.

СФ: Те са свързани с повърхността на звездата. Едва ли има дълбочинни ефекти.

ЮМ: Ами всъщност – не. Дълбочинните ефекти влияят и може да направиш изводи за това, какви елементи се получават. От това зависи колко тежка е кората, което пък има последствия върху въртенето и магнитния момент на магнетара. Откриването и доказването на магнетарите е едно, но последователното наблюдение на магнетари, струва ми се, е по-трудно. До момента, ако не се лъжа, има малко над 20 известни магнетари.

СФ: А какво точно се наблюдава? Магнитното им поле не може да бъде директно измерено от Земята, а до там все още не можем да стигнем. ☺

ЮМ: Избухвания в гама и рентгеновия диапазон. Някои от тях са достатъчно периодични. Има повторемост в излъчването, но е странна повторемост. Всъщност магнетарите са бавно въртящи се неутронни звезди. От забавянето на въртенето им съдим за магнитното поле, което създават. Избухване се наблюдава, когато се натрупа достатъчно напрежение в кората. Това са своего рода звездотресения. При това се разкъсват магнитните полета и се изхвърля вещество в околосвездното пространство.

СФ: Магнетарите в тесни двойни системи ли се наблюдават, или са единични звезди?

ЮМ: Всички наблюдавани магнетари са единични звезди.

СФ: При това положение би трябвало те да се образуват при колапс на ядрото на тежка звезда?

ЮМ: Има няколко хипотези. Според една хипотеза магнитното поле е наследено от звездата-майка и с течение на времето отслабва. Има други теории, според които то може да бъде породено от сблъсъци и сливания. Вероятно и двете хипотези са валидни и някои от тях са с наследени полета, други са се образували впоследствие. Наскоро четох една статия, според която магнетарите са само един от стадите на пулсарите. Защото има такива с

междинни полета и скорости на въртене, които по-скоро клонят към радиопулсарите, обаче не съвсем. Най-вероятно има различни класове.

СФ: А очаква ли се в някакъв момент да изстинат?

ЮМ: Да. Но въпросът е, че като отслабне магнитното им поле и като спрат да имат активността, която наблюдаваме, ще станат трудни за наблюдение. Те така или иначе не са особено светещи звезди.

СФ: Според теб, кое ще е следващото голямо нещо в тази област?

ЮМ: В момента, в който имаме повече статистика, ще можем да правим повече изводи и част от теориите ще отпаднат, тъй като няма да са приложими за голяма част от звездното население на магнетарите.

СФ: А това, което правите, е модел на кората на магнетар. Опитвате да задълбаετε навътре, но не се занимавате с ядрото.

ЮМ: Магнетарите имат външна кора, вътрешна кора и, според някои изследователи, външно и вътрешно ядро. Голямата неизвестна е, какво се намира в края на вътрешната кора. Какво има в ядрото – никой не знае. Условищата са толкова екстремни, че магнетарите нямат атмосфера. На практика тази звезда е твърдо тяло.

СФ: Човек може да стъпи на нея и да се поразгълча? (*смее се*)

ЮМ: Да. Може (*смее се*). Повърхността е желязна. По-надолу обаче става интересно. Има единно мнение как изглежда кората. Външната кора се състои от напълно йонизирани тежки екзотични ядра. Най-лекият елемент е желязо 56 (*бел.ред. ^{56}Fe е един от стабилните изотопи на желязото и съставлява 92% от желязото на Земята*). Той се намира на повърхността. В дълбочина атомното число нараства, а също и броят на неутроните в ядрата, т.е. получават се екзотични ядра, някои от които още не са синтезирани в лабораторни условия. Има теории, според които във вътрешната кора има условия за синтезиране на калай-1000 например. Но във външната кора са що-годе нормално изглеждащи ядра като ^{56}Fe . В нашия модел на кората в дълбочина стигаме до ^{124}Sr (*бел.ред. Най-тежкият стронциев изотоп, синтезиран в лабораторни условия, е ^{107}Sr , т.е. със 17 неутрона по-малко от стронция в кората на магнетарите. Ядрото е синтезирано в RIKEN, Япония*). Тези ядра са толкова неутронно богати, с толкова ниска енергия за отделяне на неутрони, че някои от неутроните действително биват излъчвани и в дълбочина започват да се наблюдават и свободни неутрони. Всъщност появата на свободни неутрони дефинира вътрешната кора. Във вътрешната част на вътрешната кора наляганията и плътностите са толкова високи, че клъстери от неутрони започват да формират паста – подобни състояния, наричани спагети, лазаня и др. Съществуването на такива състояния в кората обаче, е трудно доказуемо. Но пък за да получим всички други външни наблюдаеми, вътрешността на звездата трябва да изглежда по този начин.

СФ: А това, че достигате до стронций, ограничение на модела ли е, или физически това е най-тежкото ядро, което може да се формира в дълбочина?

ЮМ: Използваме експериментални данни за маси, където има. За другите ядра – използваме теоретични предсказания. Не задаваме други условия. Минимумът в енергията се получава при тези изотопи. Използваме различни масови модели, които дават различни резултати. Но това, което може да наблюдаваме, е резултат от изхвърлянията на материя в междузвездното пространство. Може да се окаже, че наличието на определени елементи е предпоставка за разкъсване на кората в определена област. Но в повечето случаи не знаем какви елементи „виждаме“, защото няма наблюдателни данни за това. Сега правим моделите и се надяваме, когато станат възможни такива наблюдения, да можем да отсеем неадекватните теории. Дотогава сме относително спокойни. ☺

Говорим си за магнитните полета на магнетарите, начини за оценяването им, забавяне на въртенето на магнетарите, (евентуалното) действие на кориолисови сили и пр. Накрая отново се връщаме към темите от живота.

СФ: Лято е. Хората са по планините и моретата. Какво лятно четиво би им препоръчала? Коя е последната книга, която прочете?

ЮМ: Аз винаги бих препоръчала Пратчет като лятно четиво. Последната книга, която прочетох е „Пушки, вируси и стомана“ (*Guns, Germs, and Steel*) от Джаред Даймънд. Това е една много интересна книга, която самият автор определя като „*кратка история на всичко случило се през последните тринадесет хилядолетия*“. А за мен беше увлекателно разглеждането на световната история през призмата на еволюционната биология.

СФ: Накрая, какво би пожелала на читателите на СФ?

ЮМ: Да намерят повече възможности да се занимават с това, което им харесва. И да бъдат здрави, разбира се.

Рубриката е подкрепена от клон „Космос“ на СФБ.

Управителният съвет на Съюза на физиците в България обявява
Национален конкурс за есе за ученици и студенти на тема:

„ГОЛЕМИТЕ ОТКРИТИЯ ВЪВ ФИЗИКАТА НА XX ВЕК“

Краен срок: 29 април 2021 г.

Резултатите от конкурса ще бъдат обявени на **21 май 2021 г.** на сайта на СФБ. Подробна информация за конкурса можете да намерите на адрес:

http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/concurs_esseta%202021.pdf

ПЪРВИ НАЦИОНАЛЕН ФОРУМ ЗА СЪВРЕМЕННИ КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

С. Лалковски

Първият национален форум за съвременни космически изследвания се проведе на 21 и 22 октомври 2020 г. в иновационния форум „Джон Атанасов“ на София Тех Парк. Форумът бе организиран от клон „Космос“ при СФБ с финансовата подкрепа на фондация „Еврика“, Фонд „Научни изследвания“ към МОН, Фонд „Научни изследвания“ на Софийския университет и с подкрепата на София Тех Парк. Въпреки че събитието беше проведено присъствено в епидемиологична обстановка, то премина с голям интерес. Бяха регистрирани 81 участници от 38 университета, институти на БАН и други български държавни и частни организации. Гости на събитието бяха г-жа Карина Ангелиева, заместник-министър на образованието и науката, г-жа Боряна Кадмонова, изпълнителен директор на Фондация „Еврика“, и г-н Тодор Младенов – изпълнителен директор на София Тех Парк.

Тазгодишният форум беше открит с приветствени слова от зам.-министър Ангелиева, г-жа Кадмонова и г-н Младенов. Зам.-министър Ангелиева изрази подкрепа за инициативата и изказа готовност за съдействие за развитие на сектора. Според нея финансиране за изследвания има и ще бъдат предвидени в следващия програмен период. От Министерски съвет е взето решение за създаване на Държавна агенция за научни изследвания и иновации, която се очаква да заработи в края на 2021 година след одобрение от ЕК. Заместник-министърът изрази увереност, че ще има много успешни проекти, но и надежда за реформиране на сектора. Г-жа Ангелиева изтъкна още, че според нея е безпредметно изследванията да се делят на фундаментални и приложни. Важното е в България да се правят качествени изследвания.

Сесия 1: „Фундаментални космически изследвания“ на Форума започна с доклад на проф. д.фз.н. Стойчо Язаджиев чрез пряка онлайн връзка с Университета на Тюбинген с разказ за Нобеловата награда по физика за 2020 г. и как Нобеловият комитет стигна до връчването ѝ на Райнхард Генцел, Андреа Гез и Роджър Пенроуз. Последваха доклади на проф. д.фз.н. Диана Кирилова (ИА – БАН) и проф. д.фз.н. Наталия Килифарска (НИГГГ – БАН). След кратка кафе пауза програмата продължи със серия от доклади по аерокосмически технологии. В рамките на сесията доц. д-р Пламен Данков разказа за проектите на СУ и разработването на технологии за наноспътници. Темата продължи доц. д-р Стефан Лалковски с информация за три проекта на СУ – за разработване на научен полезен товар за наноспътници, за участието на СУ в

проекта *JEM-EUSO* на *JAXA* и в Европейския проект *e-ASTROGAM*. Сесията завърши с доклад на д-р Христомир Йорданов, който представи провежданията в Техническия университет – София изследвания на технологии за малки спътници. След постерна сесия програмата продължи с представяне на три доклада върху приложения на космическите изследвания. Д-р Васил Василев (*Geopolymorphic-cloud*) представи спътникови наблюдения на земната повърхност. Д-р Анастасия Стойчева говори за използването на *EUMETSAT* в оперативните прогнози на НИМХ, а доц. Керанка Василева – за глобалните навигационни спътникови системи. Несъмнено гвоздеят на програмата от първия ден беше Докторантската сесия, в която взеха участие 13 млади учени, работещи в България. Темите бяха разнообразни: астробиология; космология и тъмно вещество; гама астрономия, наноспътници и полезни товари, дистанционни изследвания на Земята; дизайн на самолети, предназначени за полет в атмосферата на други планети; нов телескоп за НАО Рожен.

Във втория ден от Форума бяха организирани дискуссионни форуми в рамките на три панела: „Наука и Космос“, „Бизнес и Космос“ и „Образование и Космос“, в които участие взеха представители на български институции, неправителствени организации и частни компании. Основните проблеми, пред които се изправя българската наука, както и визия за тяхното решаване, бяха очертани от доц. д-р Камен Козарев от Института по астрономия с НАО Рожен към БАН. Министерството на икономиката представи резултати от проучването на научния капацитет на България. Г-н Райчо Райчев и г-н Здравко Димитров представиха дейностите на българските компании Ендуросат и Сфера Технолоджис. Възможности за сътрудничество със София Тех Парк бяха дискутирани от изпълнителния му директор г-н Младенов. Проблемите и визия за обучението по астрономия в средните училища бяха обсъдени в доклада на г-н Иво Джокин от ОЦИДЗИ – Байкал. Предизвикателствата, пред които е изправено българското висше образование по космически науки, бяха обсъдени от доц. д-р Данков и д-р Йорданов. Форумът завърши с исторически обзорен доклад на проф. Иван Кутиев, който разказа от първо лице за възхода на българската космическа програма във втората половина на XX в.

Идеята за Първия национален форум за съвременни космически изследвания се зароди преди две години, когато група учени от университетите и БАН изработиха Националната програма за космически изследвания. Една от основните цели на Програмата е подкрепа на образованието по космически науки в българските висши училища чрез организиране на серия от докторантски училища и форуми, на които младите учени да представят проектите, по които работят, и да получат нови знания в синхрон с нуждите на българската наука и бизнес. Авторите на Програмата смятат, че за да бъде постигнато устойчиво развитие в сектора е нужно изграждане на необходи-

мите връзки между висшето образование, науката и бизнеса с подкрепата на държавата. Въпреки че Програмата не получи очакваната финансова подкрепа от държавната администрация, все пак част от инициативите, заложи в нея, бяха приведени в изпълнение. Първата стъпка беше направена през февруари 2020 г., когато беше учреден клон „Космос“ към СФБ като носител на идеите, заложи в Програмата. Провеждането на годишен национален форум беше припознато от учредителите на клона като основен механизъм за постигане на голяма част от целите ѝ.

Организаторите на Форума вече планират провеждането на втори форум през есента на 2021 г., като идеята им е той да се превърне в ежегодно събитие – платформа, спомагаща изграждане на връзки между образованието, науката, бизнеса и държавната администрация. Поради засиления интерес към Докторантската сесия, във второто издание се предвижда повече време за младите учени. Организаторите се надяват също панелите „Наука и Космос“, „Бизнес и Космос“ и „Образование и Космос“ да се превърнат в традиционни за Форума дискуссионни панели. Тази инициатива обаче е все още нова и това дали наистина ще прерасне в ежегодно събитие, в което да се обменят идеи и да се изградят нови мрежи и сътрудничества, зависи единствено от интереса към нея.

ГОДИШНА НАГРАДА „ПРОФ. Д-Р ЕЛИСАВЕТА КАРАМИХАЙЛОВА“

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

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

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

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



**XLVIII НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО
ВЪПРОСИ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА
(Организация, съдържание и изводи)**



проф. д.фз.н. Иван Лалов,
председател на Организационния комитет
проф. д.фз.н. Ана Георгиева,
председател на Програмния комитет

Основната тематика на конференцията **„Ядрената физика и енергетика в образованието по физика“** бе предложена и одобрена в съответствие с решенията на предишната 47-ма конференция във Велико Търново (2019 г.). Докато преподаването на ядрена физика бе предмет на предишна конференция по образованието (2011 г.), интересът към подготовката на специалисти по ядрена енергетика (ЯЕ) бе разискван във връзка с дискусията за нови ядрени мощности и необходимостта от нови специалисти в АЕЦ „Козлодуй“. Този проблем бе тема на докладите на Ал. Томов (АЕЦ) и П. Ванков (АЯР), както и в заключителната дискусия, водена от Декана на Физическия факултет (ФзФ) на СУ „Св. Климент Охридски“ проф. д.фз.н. Г. Райновски. Според възможностите, които дава такъв форум, Националният организационен и Програмният комитет преследваха следните цели:

- Информация за участниците за някои съвременни изследвания и постижения в ядрената физика и ядрената енергетика.
- Кратък анализ на представянето на тези области в средните училища и университетите.
- Информация за риска от ядрени аварии и преодоляване на ядрената фобия.
- Привличане вниманието на учители и специалисти към по-широка информираност на младите относно възможностите за кариера в ЯЕ.
- Дискусия за проблемите на подготовката на специалисти по ЯЕ във висшите училища.

Тези цели в различна степен бяха реализирани в докладите на участниците и в проведената заключителна дискусия.

Конференцията протече в рамките на 3 дни. Тя бе открита на 2 октомври в 14.00 часа във Физическия факултет (ФзФ) на Софийския университет от новоизбрания председател на Управителния съвет (УС) на Съюза на физиците в България (СФБ) проф. д.фз.н. Александър Драйшу. Председателят на Оргкомитета на конференцията – проф. Иван Лалов, произнесе кратко слово за целите и мотивацията при организиране на конференцията.



Участниците бяха поздравени от името на МОН от проф. Иван Димов – съветник на министъра. От страна на МОН присъстваха и държавните експерти от Дирекция „Висше образование“ Ивана Радонова и Искра Йошовска, и главният експерт по физика Георги Георгиев. Приветствия към участниците поднесоха още дека-

нът на ФзФ проф. д.фз.н. Георги Райновски, като съорганизатор и домакин на конференцията, чл.-кор. Николай Витанов, зам.-ректор от името на ректора на СУ, г-жа Албена Георгиева от името на Агенцията за ядрено регулиране (АЯР) – съорганизатор, проф. д.фз.н. Севдалина Димитрова – научен секретар на БАН за направление „Енергийни ресурси и енергийна ефективност“ и доц. Митко Гайдаров – от името на председателя на Съюза на учените в България. Във всички приветствия бе изразено задоволството от ползотворното сътрудничество със СФБ и от актуалността на тематиката на конференцията.

Конференцията продължи с **3 поканени пленарни доклада**, въвеждащи към основните направления на конференцията и представяне от доц. Цветан Велинов на нови лаборатории във Физическия факултет, създадени за лабораторна работа с ученици. Първият работен ден на 48-ата Национална конференция традиционно завърши с **2 публични лекции**:

1. „Приносът на българските физици и инженери в развитието на ядрената физика и енергетика“ на проф. д.фз.н. Никола Балабанов от ПУ „Паисий Хилендарски“.
2. „Нобеловите награди по физика през 2019 година“ на д-р Ева Божурова от Народната астрономическа обсерватория и планетариум (НАОП) „Николай Коперник“, гр. Варна.

Вторият ден на конференцията (3.10 – събота) започна с **пленарна секция**, на която бяха изнесени 4 поканени доклада. След нея, едновременно се /провеждаха **3 паралелни секции** от програмата на конференцията:

1. **Младежка сесия** с конкурсен характер за ученици и студенти на тема: „*Физиката в живота и в света около нас*“, за която следва материал от г-жа Пенка Лазарова
2. две заседания на секция **Средно образование**
3. заседание на секция **Висше образование**.

Същия ден от 14 до 15.30 ч. бе проведена и **постерна секция** за студенти и постерни доклади от средното и висше образование. Учителите, участващи в конференцията, получиха и сертификати за кредит.

Последният, трети ден на 48-ата конференция започна с кратки представления на отличените най-добри участници от Младежката сесия. **Пленарен доклад** изнесе д-р Петър Ванков от АЯР по важната тема от конференцията – „Процес на придобиване на квалификация при извършване на дейности в ядрени съоръжения и с източници на йонизиращи лъчения“.

Пленарното заседание продължи с ДИСКУСИЯ на тема „Подготовка на кадри за ядрената енергетика“ с водещ **проф. д.фз.н. Георги Райновски**, който я откри с представяне на основните проблеми в подготовка на кадри не само за ЯЕ, а и за преподаватели по физика в средното и висшето образование, както и за изследователи в ядрената физика. Дискутирани бяха и основните фактори, водещи до намаляване на интереса у ученици и студенти към физиката. В дискусиата взеха участие и редица от участниците и организаторите на конференцията: проф. Александър Драйшу, доц. Мая Гайдарова, проф. Ана Георгиева, учителите Екатерина Илиева, Светла Дренска, Никола Каравасилев и някои ученици – участници в Младежката сесия. Въз основа на тази дискусия бяха подготвени:

ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ НА 48-АТА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ

А. Преподаване и научни изследвания в ядрената физика (ЯФ):

- Преподаването и изследванията по ЯФ стартират още през 30 – 40-те години на миналия век във ФЗФ на СУ и се разгръщат в БАН, Пловдивския университет и др. Конференцията оценява високо плодотворното международно сътрудничество с ОИЯИ – Дубна и ЦЕРН в областите на ядрената и субядрената (високи енергии) физика.

- Като отчита необходимостта от квалифицирани специалисти по ЯФ – експериментална и теоретична, дозиметрия и лъчезащита, съхраняване на радиоактивните отпадъци и др., Конференцията счита, че ядрените изследвания трябва да се застъпят по-широко в научната политика в България.

- Необходимо е изясняване на перспективите за развитие на ядрената индустрия и ядрените съоръжения и мястото на ядрената техника и технологии в научните изследвания, медицината и др. за дългосрочното развитие на образованието и изграждането на компетентности в ядрената физика.

- Материалната база на редица катедри и звена от различни висши училища с насока към ядрени изследвания се нуждае от осъвременяване.

- Участниците в конференцията приветстват и подкрепят изучаването и прилагането на ядрено-физични методи в Националния военен университет „Васил Левски“, в Медицинския университет – София и др.

Б. Ядрена енергетика

1. Конференцията силно подкрепя предложеното обявяване на бакалавърската специалност „Ядрена техника и ядрена енергетика (ЯТЯЕ)“ във ФзФ на СУ за защитена специалност.
2. Необходими са усилия за привличане на специалисти по ЯЕ от науката и ядрените съоръжения за преподаване в бакалавърската специалност ЯТЯЕ и в магистърската програма „Ядрена техника и технологии“.
3. Колегията от учители, учени и специалисти трябва да полага системни грижи за по-широка информираност относно възможната кариера на специалисти по ЯЕ.
4. Колегията се солидаризира с тревогата на представители на АЕЦ за необходимостта през следващите 10 години от голям брой специалисти с техническо образование и физици. Предприетите от АЕЦ мерки трябва да се популяризират и активно реализират с участието и на физическата колегия.
5. Необходимо е да се разшири информацията към българската общественост за ядрените аварии в Чернобил и във Фукушима, както и за дълговременните последици от тях (докладите на проф. Д. Пресиянов и проф. Б. Русанов). Специално за България тези дългосрочни ефекти се оказват пренебрежими за достоверна регистрация.
6. Конференцията приветства подготовката на специалисти със средно образование в Професионалната гимназия по ядрена енергетика „И. Курчатов“ в Козлодуй и смята, че при необходимост тази дейност може да се разгърне и на други места.

В. Препоръки на конференцията относно проблеми на средното образование

1. Да се работи за повишаване на квалификацията на учителите по физика и осъвременяване на знанията им.
2. Да се отстояват и защитават професионалните квалификации на учителите, свързани с предметни знания, а не само с придобиването на педагогически квалификации.

Общият брой участници – ученици, студенти, докторанти, учени от научни организации, преподаватели от висши и средни училища, беше около 130.

Конференцията бе закрыта в **Регионалния исторически музей на София** със съдействието на Столична община. Там бяха връчени от г-жа Евгения Живкова, зам-председател на Международната фондация „Св. св. Кирил и Методий“, наградите на името на акад. Матей Матеев за учители по физика. По предложение на СФБ удостоените с наградите за 2019 г. са:



Награди на фондация „Св. св. Кирил и Методий“

перник“, гр. Варна.

След тази приятна церемония, присъстващите изслушаха лекция от уредниците на музея за историята на София, представена в експозицията му, и получиха като подарък от Софийска община луксозна книга за града. Проф. Лалов с кратко слово и благодарност към организаторите и спонсорите закри конференцията, като, от своя страна, прие поздравления за рождения си ден на тази дата. После присъстващите имаха възможност да разгледат музея.

Освен гореизложените дейности в програмата на конференцията бяха включени:

- Фотоизложба от ученическия конкурс „Нека бъде светлина“, организиран от Иво Джокин, директор на Общинския център за извънучилищни дейности и занимания по интереси – с. Байкал, общ. Долна Митрополия, която бе част от проекта на СФБ с Европейското физическо дружество.

- Щанд на Тита Консулт ООД, представящ специализирана апаратура, използвана в областта на радиационния и технологичен контрол, рентгенови системи и системи за сигурност.

- Популяризиран бе и предстоящият 8-ми Национален фестивал „Наука на сцената – 2021“.

На конференцията към материалите за участниците бе приложена и издадената **книжка с програмата и абстрактите** на изнесените доклади. Със съдействието на БулАтом е публикуван на http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/48NK_Dokladi.pdf сборник с пълните доклади, представени на конференцията, който има ISBN 978-954-91841-4-3.

Харесайте страницата на списанието във facebook

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

„ФИЗИКАТА В ЖИВОТА И В СВЕТА ОКОЛО НАС“:

Младежка научна сесия на 48-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика

Пенка Лазарова

Неотменна част от ежегодните Национални конференции по въпросите на обучението по физика вече 20 години са специализираните Младежки научни сесии, които се организират съвместно с фондация „Еврика“. Те са един от елементите на дългосрочната програма на СФБ за създаване на съвременен научен мироглед и за развиване на творческите заложби на младите хора. Първата научна сесия – на тема „Младите и физиката – младите във физиката“, беше проведена по време на 29-ата Национална конференция в Смолян през 2001 г. През тези 20 години Младежката научна сесия се утвърди като специфична форма за насочване и насърчаване интереса на учащите се към природните науки, и в частност – физиката, както и с повишаване квалификацията на преподавателите по физика в средните и висшите училища.

Темата на 19-ата по ред Младежка научна сесия, която се проведе на 3 октомври 2020 г. в София по време на 48-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема: „Ядрената физика и енергетика в образованието по физика“, беше „Физиката в живота и в света около нас“. Тя включваше компонентите: компютърни презентации, опитни постановки и интернет страници; Национален конкурс* за есета за ученици и студенти на тема: „Бележити български физици“ и постерна студентска научна сесия по темата на конференцията.

В Младежката научна сесия 2020 бяха представени 24 проекта на 29 участници от 13 училища, 1 обсерватория, 1 висше училище и 1 – друга образователна институция (Академия „Никола Тесла“ – София): Софийска математическа гимназия (СМГ) „Паисий Хилендарски“, Средно училище (СУ) „Николай Катранов“ – Свищов, Иновативно средно училище (ИСУ) „Методий Драгинов“ – с. Драгиново, общ. Велинград, 157 ГИЧЕ „Сесар Вайехо“ – София, СУ „Отец Паисий“ – гр. Стамболийски, Национална природо-математическа гимназия (НПМГ) „Акад. Любомир Чакалов“ – София, Професионална гимназия по електротехника и автоматика – София, 199 Основно училище (ОУ) „Св. Ап. Йоан Богослов“ – София, СУ „Иван Вазов“ – Вършец, Профилирана гимназия с преподаване на западни езици (ППЗЕ) „Захарий

* Информация за Националния конкурс за есета 2020 ще намерите в предишни броеве на сп. „Светът на физиката“.

Стоянов“ – Сливен, Медицински университет – Пловдив, Спортно училище „Генерал Владимир Стойчев“ – София, Национална астрономическа обсерватория (НАО) – Ямбол. Освен придържане към темата на конференцията имаше атрактивни презентации и разработки на демонстрации в други области на физиката и астрономията. Радостен факт е, че пада възрастовата граница на участниците – все повече се явяват ученици от основни училища. Всички участници не само бяха подготвили своите презентации на електронен носител, а някои имаха и демонстрационни установки. Всички защитиха устно в рамките на определените по регламент 10 минути тезите си пред журито и присъстващите в залата.

За поредна година журито с председател проф. д.т.н. Сашка Александрова беше затруднено при класирането на представянията, между които имаше изследователски проекти на много високо ниво. Представени бяха отлично направени проекти с личен принос на участниците и отсъствието на „*coru – paste*“. Участниците стриктно спазваха регламента за времето на представянето (нещо не много типично при представянния на доклади на конференции у нас) и демонстрираха добри комуникационни умения, което помогна за отличното и ефективно провеждане на сесията.

Журито на Младежката научна сесия отличи следните проекти:

I награда – „Експериментално определяне на специфичен топлинен капацитет на воден разтвор на LiCl с ниска масова концентрация“ с автори **Иво Лозанов** и **Явор Йорданов** – 11 кл. от НПМГ „Акад. Любомир Чакалов“ – София; научен ръководител: д-р Людмил Йовков – Факултет по математика и информатика, СУ „Св. Климент Охридски“.

II награда – „Радиоактивност“ с автори **Айше Кичилиева** и **Сибела Кичилиева** – 9 кл. от ИСУ „Методий Драгинов“, с. Драгиново, общ. Велинград, обл. Пазарджик; научни ръководители: инж. Мариана Радева и Краси-мира Пачалова.

III награда – „Експерименти от раздел „Светлина“ – анализ и синтез на цветове, взаимодействие на светлина с вещество“ с автор **Румяна Иванова** – 10 кл.; СМГ „Паисий Хилендарски“ – София; научен ръководител: Светла Дренска; консултант: Клавдий Тютюлков (Академия „Никола Тесла“).

С поощрителни награди – грамоти, бяха отличени 6 проекта:

- „Пасаж на Меркурий 2020“ с автор **Димитра Вълчева** – 11 кл.; НАО – Ямбол; научен ръководител: Моньо Вълчев.

- „Термоядреният синтез – енергията на бъдещето“ с автор **Константин Тодоров** – 7 кл., СУ „Николай Катранов“ – Свищов; научен ръководител: Елена Илиева.

- „Сеизмични вълни и уреди за измерването им“ с автор **Мартина Лелекова** – 8 кл.; Спортно училище „Генерал Владимир Стойчев“ – София; научни ръководители: Вяра Йорданова и Петранка Маджарова.

- „Радация – причина и лек“ с автор **Симона Георгиева** – студент, Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“; научен ръководител: Пенка Василева, ПГПЗЕ „Захарий Стоянов“ – Сливен.

- „Опити с автоматизиран Гайгер-Мюлеров брояч“ с автор **Стивън Желев** – 12 кл.; Професионална гимназия по електротехника и автоматика – София; научен ръководител: Елена Ганева; консултант: Клавдий Тютюлков (Академия „Никола Тесла“).

- „Око и зрение“ с автори **Тереза Стефанова** и **Милена Илиева** – 12 кл.; СУ „Иван Вазов“ – Вършец; научен ръководител: Радка Костадинова.

Всички училища, които имаха участници с проекти в Младежката научна сесия, получиха безплатен абонамент за сп. „Светът на физиката“ за 2020 г., а участниците в Младежката научна сесия и техните ръководители – сертификати за участие. Училища, от които имаше отличени проекти с I, II и III награда, получиха плакети, а авторите на отличените проекти с I, II, III – и поощрителни награди – грамоти.

Агенцията за ядрено регулиране предостави за всички участници в Младежката сесия книгата „За ябълката и нейната кора“, а за научните им ръководители – книгата на проф. Никола Балабанов „ОИЯИ – Дубна (през погледа на един български професор)“. Проф. Вили Лилков подари учебника си „Ядрена физика“ на научните ръководители на участниците в Младежката сесия, а Иво Джокин – раници на отличените участници.

За представяне пред участниците в заключителното заседание на конференцията журито избра класираните се на I и II място проекти. И двата екипа се представиха отлично в рамките на определеното време. Радостен факт е, че повечето от участниците в Младежката сесия останаха до края, за да чуят всички представяния, което е своеобразна школа за подготовка на бъдещи проекти и за доброто им устно представяне в други младежки прояви. Те не само присъстваха, а и участваха в дискусиата „Подготовка на кадри за ядрената енергетика“. Заслужава да се отбележи участието тази година с проекти на ученици от столични училища и на Академия „Никола Тесла“ – София.

Организаторите от Софийския университет на Европейската нощ на учените 2020 проявиха интерес към представените проекти, някои от които бяха представени под общо заглавие „За физиката с любов“ на 28 ноември във вид на изработени от авторите клипове в Детската програма на това европейско събитие (<https://drive.google.com/drive/folders/1qBibHD-wwuK4wkurZwJ91eUc20EBGXRx>).

На сайта на Съюза на физиците в България е качена брошура с повече информация за Младежката научна сесия, както и с отличените с I, II и III място есета в трите възрастови групи в Националния конкурс за есета (http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/48NK_MIS_Ese.pdf). В нея е пуб-

ликувана и информация за предстоящото провеждане на 8-ия Национален фестивал „Наука на сцената“.

Същия ден успоредно с постерната сесия с доклади от средното и висше образование се проведе и **постерната сесия за студенти**. Заслужава да се отбележи много високото ниво на 10-те постерни доклада с тематика „Физика и медицина“ на студентите от Медицинския университет – София, организирани от д-р Л. Атанасова. Силно впечатление направи постерът на студенти от Пловдивския университет с тематика за черните дупки. Най-добрите според оценката на журито 4 постера получиха грамоти.

Можем само да се радваме на факта, че всяка година се повишава не само качеството като съдържание и начин на представяне на участващите в сесията проекти на учениците и студентите, но и че някои от разработките на учениците са по същество научни изследвания. Ако проследим професионалното развитие на някои от първите участници в Младежките научни сесии, с радост можем да заявим, че началото на успешния им старт в кариерата е поставено в ученическите им години благодарение на първите научни проекти, представени пред физическата колегия. И, разбира се, благодарение и на благородния безкористен труд на техните преподаватели! Уверени сме в бъдещата успешна професионална реализация и на участниците в Младежката научна сесия`2020!

МЛАДЕЖКА НАУЧНА СЕСИЯ
за ученици и студенти на тема:

„ПРИРОДНИТЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИТЕ“

ще се проведе на **5 юни 2021 г.**

по време на 49-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика (4 – 6 юни 2021 г., град Видин).

Краен срок за получаване на заявките – 14.05.2021 г.

Участниците могат да представят компютърни презентации, интернет страници, компютърни анимации и демонстрации.

Участниците и техните ръководители ще получат сертификати за участие, а училищата им – безплатен абонамент за сп. „Светът на физиката“ за 2021 г.

Повече информация на:

<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/49NK.html>

65 години ОИЯИ, ДУБНА – САМОИЛ БИЛЕНКИЙ И ЗАГАДЪЧНОТО НЕУТРИНО

Сергей Петков, Нели Петкова и Екатерина Христова

„Неутриното – това е подарък от природата“

Тази година на 26 март се навършват 65 години от създаването в гр. Дубна, недалеч от Москва, на Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) – водещ научен център по физика на елементарните частици на бившите социалистически страни. България е сред страните-учредителки и член на ОИЯИ от неговото основаване. В лабораториите на ОИЯИ се изграждат първите наши специалисти по физика на елементарните частици и ядрена физика, натрупва се много опит, ползотворното сътрудничество продължава и днес.



Българската делегация при учредяване на ОИЯИ, 1956 г.: От ляво надясно – вторият е акад. Хр. Христов (неговата дъщеря е сред съавторите (Е. Хр.) на тази статия), следват – Р. Аврамов, министър на просветата и културата на НРБ и ръководител на делегацията, акад. Г. Наджаков и акад. Е. Джаков.

На 5 ноември 2020 г. ни напусна световно известният руски учен, изтъкнат специалист по физика на неутриното и прекрасен преподавател, допринесъл много и за развитието на физиката в България, докторът на физическите науки, професор в Московския държавен университет Самоил Михелевич Биленкий. Нашата статия е посветена преди всичко на този забележителен учен и неговата обаятелна личност, но и на ОИЯИ и на развитието на физиката на неуловимото и загадъчно неутрино в ОИЯИ, с които е неразривно свързан неговият творчески и жизнен път.



С. М. Биленкий е роден на 23.05.1928 г. в гр. Жмеринка, Украйна. Ярките си способности в точните науки проявява още като ученик и през 1946 г. завършва гимназия в гр. Сарафов, единствен от своя випуск със златен медал. Веднага след това постъпва в *МИФИ* (*Московский инженерно-физический институт*) – един от най-реномираните университети за изучаване на физика в Съветския съюз. Завършва го блестящо през 1952 г., като по време на следването избира пътя на физика-теоретик и подготвя дипломната си работа под ръководството на големия руски учен И. Я. Померанчук.

По това време на Померанчук е възложено да сформира група от теоретици за строящия се ускорител на елементарни частици в град Дубна. По негова препоръка веднага след дипломирането си Биленкий постъпва на работа в Дубна. Оттогава неговият научен път е неразривно свързан с този научен град, възникнал със създадения през 1948 г. ускорителен център. Отначало от съображения за секретност и поради близостта си до река Волга, новосъздаденият институт е наречен Хидротехническа лаборатория, а по-късно (1954) е преобразуван в Институт за ядрени проблеми (ИЯП) към АН на СССР. Строителството на града напредва паралелно с изграждането на ускорителния комплекс. За кратко време заблатената и не особено привлекателна местност се превръща в изключително приятния град на физиката на брега на Волга, недалеч от Москва, със специфичната си научна и културна атмосфера.

Това е времето, когато в ускорителите се раждат множество нови частици, освен познатите протони, неутрони, електрони и позитрони. Започва да се създава съвременната физика на елементарните частици.

Всяка седмица в Дубна, в корпуса на Лабораторията по ядрени проблеми – най-старата лаборатория – пристигат И. Я. Померанчук, А. Б. Мигдал, И. М. Шмушкевич и се обсъждат горещите проблеми в теорията на елементарните частици и атомната физика. Биленкий, който не губи връзка с научния си ръководител, участва в тези обсъждания.

През 1956 г. ИЯП в Дубна се преобразува в Лаборатория за ядрени проблеми (ЛЯП) в новосъздадения международен институт на бившите социалистически страни – Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) – един от водещите научни центрове по физика на елементарните частици, в който и България е член.

Създадена е Лабораторията по теоретична физика с директор Н. Н. Боголюбов, който внася своите идеи и стил в теоретичната физика. Строгите ма-

тематически формулировки и универсалността на разработения от Боголюбов метод на дисперсионните съотношения правят силно впечатление и на Биленкий, който по това време работи в областта на слабите взаимодействия. В резултат се появяват няколко негови статии в съавторство с А. А. Логунов. През 1957 г. Биленкий защитава кандидатска дисертация на тема „Дисперсионни съотношения за процеси със слаби взаимодействия“ под ръководството на Н. Н. Боголюбов.

Следва поредица от работи, в които Биленкий разкрива връзката между поляризацията и четността на елементарните частици, като предлага поляризацията като безмоделен подход за определяне на техни фундаментални характеристики. Особен интерес предизвиква едно негово оригинално предложение за безмоделно определяне на четностите на странните частици. То веднага е забелязано и именно този метод е използван в Бъркли (САЩ) и ЦЕРН за определяне на Р-четностите на две от тях – омега и кси-хипероните, като специално за целта е създадена поляризирана протонна мишена. Тези и други резултати в областта на поляризационните явления са включени в неговата докторска дисертация, защитена през 1966 г. в ОИЯИ.

В друг цикъл работи се изследват поляризационните асиметрии при дълбоко нееластично разсейване на лептони от нуклони за изучаване структурата на неутралните токове, с цел проверка на модела за взаимодействие на елементарните частици на Глешоу, Вайнберг и Салам. Сега това е вече утвърденият Стандартен модел, но тогава, през 70-те години, е само един от съществуващите възможни модели. Работите са използвани при експериментите NA4 в ЦЕРН по дълбоко нееластично мюонно разсейване.

С. М. Биленкий има съществен принос в различни области на теорията на елементарните частици, но неговото име е свързано преди всичко с резултатите му в областта на неутринната физика, много от които са получени в сътрудничество с големия италиански и съветски физик Бруно Понтекорво.



С. М. Биленкий и Б. Понтекорво

През 30-те години на миналия век Б. Понтекорво е най-младият научен сътрудник на Енрико Ферми в Университета в Рим, по-късно продължава научните си изследвания във Франция и Канада. През 1950 г. пристига в Москва, а от 1952 г. работи в ЛЯП в ОИЯИ, където същата година започва работа и С. М. Биленкий.

През 1930 г., в желанието си да възстанови закона за запазване на енергията при бета-разпада, австрийският физик-теоретик Волфганг Паули предполага съществуването на електрически неутрална, много слабо взаимодействаща и много лека частица, като ѝ дава името „неутрон“. Скоро след това, през 1933 – 1934 г., Е. Ферми включва тази частица в изградената от него стройна теория на бета-разпада, но променя името ѝ по предложение на Е. Амалди в умалителното „неутрино“, тъй като неутронът е вече открит през 1932 г. Експерименталното откриване на неутриното става много по-късно – през 1956 г., с реакторни неутрина.

Когато Понтекорво пристига в Дубна, той вече е завладян от необикновените свойства на тази частица. И наистина – неутриното е особена частица. За разлика от съществуващите заредени лептони и кварки, то няма електричен товар и взаимодейства изключително слабо с другите елементарни частици.

Въпреки това съществуването му е абсолютно необходимо, тъй като то прави възможни множество фундаментални процеси във Вселената. Неутрината играят ключова роля в динамиката на свръхновите звезди при техните грандиозни избухвания. Те могат да бъдат индиректно свързани, чрез нарушаване на СР-симетрията, с генериране на наблюдаваната барион-антибарионна асиметрия във Вселената, необходима за съществуването на живот на Земята.

Притежавайки нулев електричен товар, неутрината са единствените елементарни частици със спин $1/2$, които могат да бъдат идентични със своите античастици, т.е. да са майоранови частици. Съществуването на такива абсолютно неутрални частици е предложено още през 1936 г. от италианския физик Е. Майорана, но досега не са открити. Тяхното съществуване би могло да реши проблема с „тъмната“ материя – невидимата материална част от Вселената, която представлява 27% от цялата Вселена.

Но най-същественото е, че неутриното прави възможни ядрените реакции на Слънцето, в които се генерира енергията, излъчвана от него. В тези реакции се раждат огромно количество т.нар. „слънчеви неутрина“ – през всеки квадратен сантиметър от земната повърхност всяка секунда преминават около $6 \cdot 10^{10}$ слънчеви неутрина. Този огромен поток от неутрина преминава през всеки от нас, а и през цялата Земя, но тяхното взаимодействие е толкова слабо, че ние не ги усещаме, те практически не влияят на веществото. Това е причината слънчевите неутрина да бъдат детектирани толкова трудно. Те са наблюдавани за първи път от Р. Дейвис и неговите сътрудници в експеримент, който набира данни в продължение на 25 години (1969 – 1994). За това изключително откритие Р. Дейвис е удостоен с Нобелова награда през 2002 г. Експериментът се основа на хлор-аргонния радиохимичен метод, предложен от Понтекорво през 1946 г., базиращ се на реакцията:

$$\nu + \text{Cl}(37) \rightarrow \text{Ar}(37) + e.$$

Успешното наблюдаване на слънчевите неутрина поражда обаче и един сериозен проблем: измереният неутринен поток от Слънцето е около 3 пъти по-слаб от теоретично пресметнатия. Това е така нареченият парадокс на „липсващите неутрина“, който дълги години създава трудности в съгласуването на експеримента с теорията. Възможно обяснение, изказано от Понтекорво, са неутринните осцилации.

Още през 1957 и 1958 г. в 2 поредни статии Б. Понтекорво пръв изказва хипотезата, че вълновите функции на неутрината, които се раждат в процесите на слабото взаимодействие, са линейни суперпозиции на вълновите функции на неутрина с ненулеви и различни маси и предсказва съществуването на неутринни осцилации, т.е. трансформирането на един тип неутрино в друг по време на свободното им движение.

Днес е известно, че в природата съществуват три вида неутрино. Всяко неутрино има своя античастица и винаги се придружава от своя зареден лептонен партньор: електронното неутрино се ражда в реакции на слабото взаимодействие с участие на електрона, мюонното неутрино – в реакции с участие на мюона, а тау-неутриното – на тау-лептона. В рамките на Стандартния модел е невъзможно да се генерират ненулеви неутринни маси и всички неутрина са безмасови. Поради тази причина откритието, че неутрината притежават ненулеви маси, би било едно указание за съществуване на нова физика отвъд Стандартния модел.

Съвременната формулировка на хипотезата на Понтекорво гласи: вълновите функции на електронното, мюонното и тау-неутрината са линейни комбинации на вълновите функции на три неутрина с ненулеви и различни маси. Коефициентите в тези линейни комбинации образуват матрицата на лептонно смесване, носеща името матрица на Понтекорво, Маки, Накагава и Саката. Осцилациите са квантово-механични превръщания на един тип неутрино, напр. мюонното, в друг – електронно или тау, при свободното движение на първото.

Съществуването на неутринни осцилации, породени от смесване на неутрина с ненулеви маси, е потвърдено първоначално в два експеримента – с атмосферни неутрина на неутринния детектор Супер Камиоканде в Япония през 1998 г. и със слънчеви неутрина в Неутринната обсерватория в Садбери (SNO) в Онтарио, Канада през 2001 г. За тези фундаментални открития ръководителите на проектите *T. Kajita* (Супер Камиоканде) и *A. McDonald* (SNO) са удостоени с Нобелова награда през 2015 г.

Впоследствие осцилациите са потвърдени в множество експерименти с ускорителни и реакторни неутрина и много от параметрите, характеризирани осцилациите, са измерени с голяма точност. Въпреки това ние все още знаем твърде малко за неутрината с определена маса. Не знаем какъв е спек-

търът на масите на неутрината, масата на най-лекото неутрино е също неизвестна, за нея съществуват само не силно ограничаващи горни граници. Данните показват само, че масивните неутрина са необикновено леки: масите им са поне милион пъти по-малки от масата на електрона. Фундаменталната причина за това все още не е известна.

Плодотворното сътрудничество между Биленкий и Понтекорво започва в началото на 70-те години на XX в. и продължава повече от двайсет години до кончината на Б. Понтекорво. Биленкий и Понтекорво развиват теорията на неутринните осцилации и създават феноменологичната теория на смесването и масите на неутрината. За да се разшири Стандартният модел, трябва в Лагранжиана да се добави масов член на неутрината, но за тази цел трябва преди всичко да се знае природата им – те могат да бъдат или диракови частици, т.е. да имат различаващи се от тях античастици, или абсолютно неутрални майоранови частици. Биленкий и Понтекорво формулират условията, които в съвременните теории определят природата на неутрината с определена маса и обсъждат възможни експерименти, които биха отговорили на този въпрос. С тези изследвания те поставят основите на съвременната неутринна физика.

След кончината на Б. Понтекорво през 1993 г. Биленкий продължава да участва с оригинални приноси в развитието на неутринната физика до съвременното ѝ състояние. Той посвещава на неутринната тематика повече от 200 научни статии, обзори, доклади на конференции и монографии. Биленкий е разбирал, че търсенето на осцилации е най-чувствителният метод за получаване на информация за масата на неутрино. Ето думите на самия Биленкий в негово интервю през 2015 г.: „Тази идея беше много непопулярна. Никой не я поддържаше в началото, тъй като хората смятаха, че неутрино е безмасова частица и цялата физика тогава беше основана на това предположение. Но сега неутрино е много модна тема. Засега само то дава сигнали за съществуване на физика отвъд Стандартния модел“.

В това интервю Биленкий дава и насоките за развитието на любимата му тематика: „На основата на знанията, които вече сме получили, можем да формулираме бъдещите проблеми: *първо, каква е йерархията (на масите) между трите типа неутрино? Второ, на какво се дължи барионната асиметрия на Вселената.* Нашият свят съществува само защото в него броят на частиците и на античастиците не съвпада, иначе бихме анihilationирали. *Трети проблем: майорановите частици.* Неутрино е единствената частица, която би могла да бъде и от двата типа – диракова или майоранова. Ако неутрино е майоранова частица, ще е възможен двойният безнеутринен бета разпад. Вероятността за такъв процес е изключително малка и досега той не е наблюдаван. Ще са нужни вероятно години експерименти, за да получим отговорите на тези въпроси“.

Имайки предвид възможната връзка между ненулевата маса на неутрино-то и съществуването на нова физика, която не се описва от Стандартния модел, Биленкий в едно от последните си интервюта споделя: *„Неутриното е изключителна частица, най-интересната между елементарните частици“*, и го нарича *„подарък от природата“*.

За научния стил на Биленкий е характерен стремежът да търси безмоделен подход към физичните проблеми. В работите си той изграждаше моста между теорията и експеримента, учеше ни зад математическите формули да виждаме физиката.

Биленкий беше забележителен преподавател и учител. Лекциите му във филиала в Дубна на Московския държавен университет са ясни и завладяващи, в което авторите на тази статия имаха привилегията лично да се убедят. Той беше желан и често канен лектор в университетите в София, Прага, Милано, Торино, Виена, Валенсия, Барселона, *ICTP* и *SISSA* в Триест, както и на множество международни школи. Основател е на Школата по неутринна физика на името на Понтекорво и от нейното създаване през 1998 г. не пестеше сили и време за организирането ѝ.

Биленкий е автор на 5 монографии на руски и английски език, претърпели няколко издания, ценени както от теоретици, така и от експериментатори. *„Въведение в диаграмната техника на Файнман“*, *„Въведение във физиката на електрослабото взаимодействие“*, *„Въведение в теорията на разсейването“* отдавна са се превърнали в настолни книги за поколения физици. Многогодишният му опит и постижения в неутринната физика са представени в *„Лекции по физика на неутринните и лептон-нуклонните процеси“* и *„Въведение във физиката на масивните и смесени неутрина“*.

Той обичаше работата си, огромният му интерес към физиката, търсене-то на нови идеи в науката не намаляваха през целия му плодотворен живот. Негови са думите: *„за теоретика няма пенсиониране“*. От неговите над 300 работи около 40 са публикувани през последните години. А само седмица преди кончината му излиза негов обзор по Обща теория на относителността – област, свършено нова за него.

За забележителната си научна дейност С. М. Биленкий е удостояван с редица високи награди – международната премия „Понтекорво“, Хумболтова награда, орден на РФ „За заслуги пред Отечеството“ втора степен, почетна диплома на МГУ, медал първа степен на Карловия университет, многобройни научни премии на ОИЯИ.

Със своята отзивчивост, доброжелателност и ясна мисъл Самоил Михелевич привличаше хората и имаше съавтори, ученици и приятели в много страни. Но за нас е особено ценна връзката му с България. Той е посещавал нееднократно нашата страна, докладите и лекциите му винаги се посрещаха с голям интерес, а с много български колеги го свързваше сътрудничество в

науката и дългогодишно приятелство. Защитилите под негово ръководство трима български докторанти допринасят за развитието на феноменологичното направление в теорията на елементарните частици у нас.

Щепомним С. М. Биленкий не само с неговите научни постижения и отдаденост на физиката, той се отличаваеше със своята скромност и отзивчивост, истински се радваше на успехите на другите. Авторите на статията, които са сред неговите ученици, са искрено признателни на Самоил Михелевич Биленкий за физиката, на която ни научи, но и за търпението, вискателността и доброжелателността му при работата с нас. Огромното уважение към него като към голям учен и учител, не ни пречеше в същото време да намираме в него и в цялото му семейство истински приятели.

65 YEARS JINR, DUBNA – SAMOIL BILENKY AND THE ELUSIVE NEUTRINO

Serguey Petcov, Neli Petkova and Ekaterina Christova

The present article is, first of all, a tribute to the outstanding scientist and teacher Prof. Samoil Mihelevich Bilenky (23.05.1928 – 5.11.2020). As the scientific life of Prof. Bilenky has been closely related to the Joint Institute of Nuclear Research (JINR) in Dubna, Russia and the physics of neutrino, it is also about the foundation of JINR and the development of neutrino physics at JINR and worldwide in 1970s and 1980s, primarily associated with the names of S. M. Bilenky and B. Pontecorvo. It is also a brief review of our knowledge of the enigmatic neutrino, which Bilenky called „the most interesting among the elementary particles“ and „a gift of nature“.

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

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

В ПАМЕТ НА ДОЦ. Д-Р ПЛАМЕН ДАНКОВ (1955 – 2020)



На 27 декември 2020 г. преждевременно ни напусна доц. д-р Пламен Данков. Неговата кончина остави вакуум след себе си. Вакуум, който би могъл да се запълни единствено с продължаването на неговото дело, но това се оказва трудна задача. За някои неща не е достатъчно да си добър учен или добър администратор. За някои неща най-напред трябва да помечтаеш. От мечтата да се оформи целта и чак тогава да се целиш в нея. Доц. Данков умееше да мечтае. Мечтаеше за нови български постижения и изграждането на млади български специалисти, които да проектират и развиват космически и комуникационни технологии не другаде, а в България. Мечтаеше за възможността българи да намерят реализация в космическата и телекомуникационната индустрии, без да се налага да напускат страната. Мечтаеше за български изяви, които да представят съвременни и оригинални разработки на международни научни форуми. Не негови изяви, а изяви на неговите възпитаници – студентите. Затова той ги стимулираше най-вече с личен пример, подкрепяше ги във всяко едно начинание, не пестеше сили и средства, колкото и трудно да се намираха те понякога. В това беше и неговата най-голяма сила – да увлича с ентузиазма си всеки от обкръжението си и да намира съмишленици в и извън България. Всъщност някои от изброените по-горе мечти вече са постигнати цели. Затова за студентите и колегите си той беше живо превъплъщение на вечния двигател, перпетуум мобиле, с други думи. Работеше неспирно, с вдъхновение и с размах. Учеше и студентите си на това, които от своя страна не винаги успяваха да отговорят реципрочно. Но имаше и такива, които успяваха. Именно те вече продължават неговото дело и мечтаят неговите мечти.

Доц. д-р Пламен Данков завършва висшето си образование във Физически факултет през 1980 г. със специалност физика, а през 1988 г. придобива научна степен доктор (Радиофизика и физическа електроника). Цялата трудова дейност на доц. Данков преминава във Физическия факултет на Софийския университет. Разработил е и е бил титуляр на курсовете по: „Основни на радиоелектрониката“, „Увод в комуникациите“, „Микровълнова и безжична техника“, „Университетски микро- и наноспътници“ и множество други. Той е основател и дългогодишен ръководител на успешните магистърски програми „Безжични мрежи и устройства“ и „Аерокосмическо инженер-

ство и комуникации“. Като ръководител на катедра „Радиофизика и електроника“, полага изключителни грижи за кадровото израстване на членовете на катедрата. Автор е на няколко учебника и учебни пособия.

Научните интереси на доц. Данков са в областта на микровълновите неразрушаващи методи за измерване на свойствата на синтетични и биологични материали, анизотропните електродинамични характеристики на метаматериали, микровълновите антени, ферити и феритни устройства, биологичното влияние на микровълните, плазма и сензори за измерване на плазма, микро- и наноспътници и др. Автор е на над 100 научни публикации, голяма част от тях в издания с импакт фактор, има стотици цитирания в издания от неговата област на научни изследвания. Пламен Данков беше обичан съпруг и баща на три дъщери.

Катедра „Радиофизика и електроника“, колегията и студентската общност на Физическия факултет изказват своята дълбока благодарност на доц. Пламен Данков за цялостната му преподавателска, научна и административна дейност в служба на българската наука.



Доц. д-р Пламен Данков изнася публична лекция за бъдещето на наноспътниците във Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“, 2019 г.

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

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

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

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

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

Указания към авторите

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В изданието са използвани снимки от НАСА.

Корица: Изображение на кратера *Jezero*, мястото за кацане на мисията на НАСА Марс 2020. Изображението съчетава информация от камера и спектрометър от космическия апарат *Mars Reconnaissance Orbiter*. Показва седименти, съдържащи глини и карбонати, които са се образували в резултат от наличието на течаща вода на древен Марс. Източник: NASA/JPL-Caltech/MSSS/JHU-APL.

НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. д.т.н., Технически университет, София;
Динко Динев – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;
Ангел Димитров, Евелина Захариева, Венцислав Димитров, Марияна Джорджевич, Калоян Кирилов – Магистърска програма „Популяризация на астрономията“, СУ „Св. Климент Охридски“;
Камен Козарев – доц. д-р, Институт по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, БАН;
Наталия А. Килифарска – проф. д.фз.н., Институт за изследване на климата, атмосферата и водите, БАН;
Маруся Бъчварова – доц. д-р, секция „Космическа физика“, Институт за космически изследвания и технологии, БАН;
Стефан Лалковски – доц. д-р, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;
Бойко Георгиев – д-р, Съюз на физиците в България;
Ана Георгиева – проф. д.фз.н., Институт за изследвания на климата, атмосферата и водите, БАН (ИИКАВ – БАН);
Пенка Лазарова – Съюз на учените в България;
Иван Лалов – проф. д.фз.н., Софийски университет „Св. Климент Охридски“;
Сергей Петков – проф. д.фз.н., SISSA, Italy;
Нели Петкова – д-р, гл. ас., СУ „Св. Климент Охридски“;
Екатерина Христова – проф. д.фз.н., Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН.

СЪДЪРЖАНИЕ

CONTENTS

РЕДАКЦИОННО

НАУКА

– Д. Динев – Най-ярките постижения във физиката през 2020 година
– А. Димитров, Е. Захариева, В. Димитров, М. Джорджевич, К. Кирилов, К. Козарев – Радиотелескопът LOFAR и създаването на LOFAR станция в България
– Н. А. Килифарска – Влияе ли Слънцето върху климатичните промените на Земята
– М. Бъчварова – Галактични космически лъчи в хелиосферата. Модели за предсказване нивото на галактичната радиация през слънчевия цикъл

НАУЧНИ СЪОБЩЕНИЯ

– Българин откри нова близка екзопланета със скалиста повърхност
– Постигнат е нов рекорд в точността на определяне на константата на фината структура

ЮБИЛЕЙ

– Проф. д-р Петко Витанов на 75 години

НОВИНИ

ГОДИШНИНА

– 50 години *Physical Review C*: Изследване на тайните на ядрото
– А. Георгиева – Коментар към „1979 г.: Обща картина на деформираните ядра“

НАГРАДИ

– С. Александрова – Д-р Златко Минева – носител на Наградата „Джон Атанасов“ за 2020 г.
– П. Лазарова – Астрофизичката Любова Маринкова – носител на Националната стипендия „За жените в науката“ за 2020 г.

ИНТЕРВЮ

35 под 35: Юлия Мутафчиева

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– С. Лалковски – Първи национален форум за съвременни космически изследвания

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– И. Лалов, А. Георгиева – XLVIII Национална конференция по въпроси на обучението по физика

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

– П. Лазарова – „Физиката в живота и в света около нас“: Младежка научна сесия

PERSONALIA

– С. Петков, Н. Петкова, Е. Христова – 65 години ОИЯИ, Дубна – Самоил Биленкий и загадъчното неутрино

IN MEMORIAM

– Доц. д-р Пламен Данков

EDITORIAL 1
SCIENCE

– D. Dinev – The most remarkable achievements in physics in 2020 3
– A. Dimitrov, E. Zaharieva, V. Dimitrov, M. Djordjevic, K. Kirilov, K. Kozarev – The LOFAR Radio Telescope and the development of a LOFAR Station in Bulgaria 17
– N. Kilifarska – Does the Sun influence the Earth's climate variability? 23
– M. Buchvarova – Galactic cosmic rays in the heliosphere. Models predicting the galactic radiation level during the solar cycle 29

SCIENTIFIC NEWS

– A Bulgarian discovered a close exoplanet with a rocky surface 38
– A new record in the precise determination of the fine structure constant was achieved 41

JUBILEE

– Prof. Petko Vitanov, Ph.D., at 75 44

NEWS 47

ANNIVERSARY

– 50 Years of *Physical Review C*: Exploring the secrets of the nucleus 51
– A. Georgieva – Comment to „1979: A universal picture of deformed nuclei“ 55

AWARDS

– S. Alexandrova – Zlatko Minev, Ph.D. – awarded the John Atanasoff prize for 2020 59
– P. Lazarova – The astrophysicist Lyubov Marinkova – awarded the National scholarship for women in science for 2020 62

INTERVIEW

– 35 under 35: Juliya Mutaftchieva 65

SCIENCE AND SOCIETY

– S. Lalkovski – First national forum on modern space research 72

PHYSICS AND TEACHING

– I. Lalov, A. Georgieva – XLVIII National Conference on Education in Physics 75

YOUNG RESEARCHERS

– P. Lazarova – Physics in life and the world around us 80

PERSONALIA

– S. Petkov, N. Petkova, E. Christova – 65 years JINR, Dubna – Samoil Bilenky and the elusive neutrino 84

IN MEMORIAM

– Assoc. Prof. Plamen Dankov, Ph.D. 92