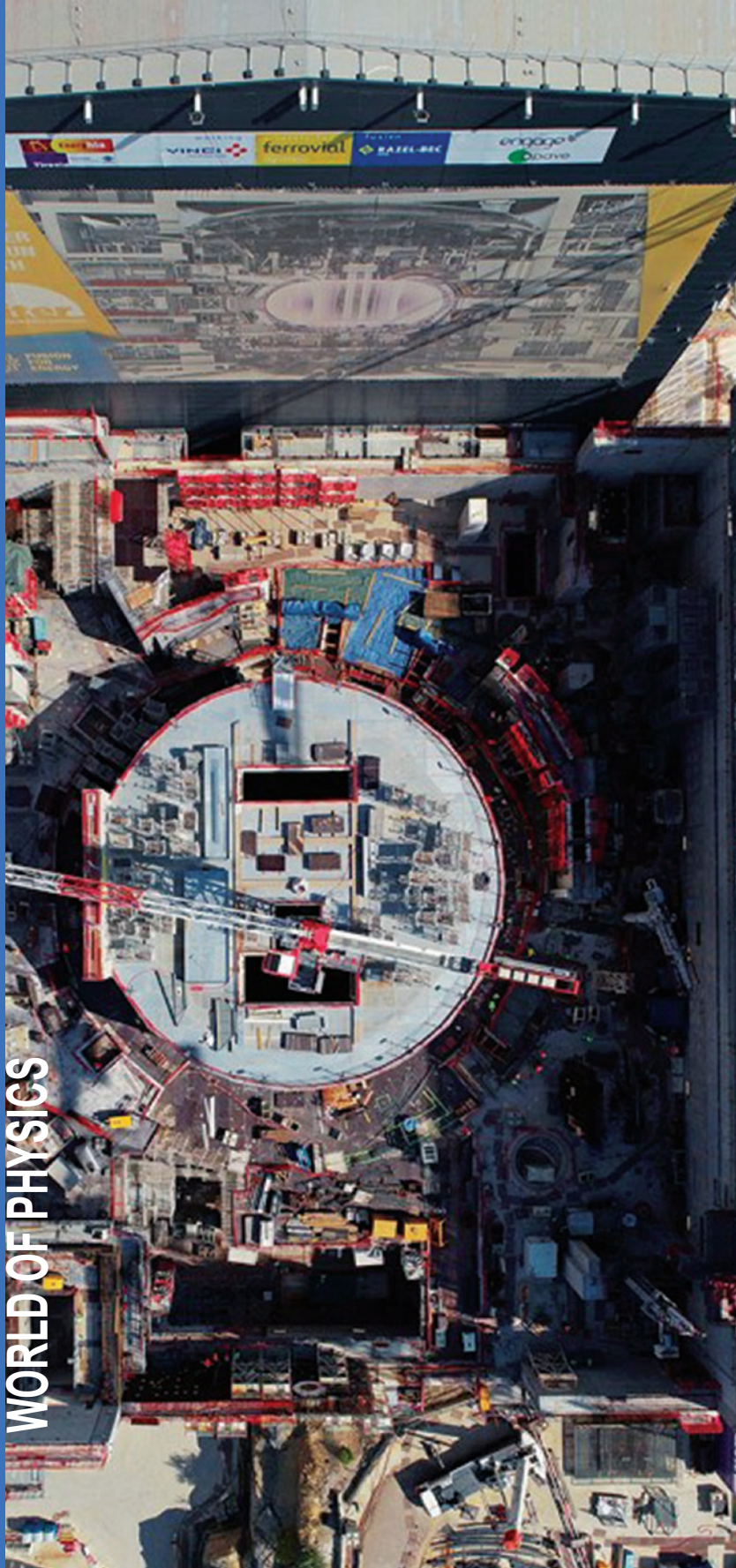




съюз на физиците
в БЪЛГАРИЯ

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

2'22



С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XLV, кн. 2, 2022 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 Масляницин,
Михай Анастасеску, Херман
Лиенхарт, Роман Пономарьов,
Лилия Атанасова

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

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

ВОДЕЩ БРОЯ:

Сашка Александрова

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, Hermann
Lienhart, Roman Ponomarev,
Liliya Atanasova

EDITORIAL COUNCIL

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

VOLUME EDITOR:

Sashka Alexandrova

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 862 76 60

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Божидар Жеков

ISSN: 0861-4210

РЕДАКЦИОННО

Нека припомним на читателите, че с решението на Общото събрание на ООН от декември миналата година 2022 г. беше обявена за Международна година на фундаменталните науки за устойчиво развитие. Отправен беше апел за повишаване на осведомеността за значението на фундаменталните науки за устойчивото развитие, подчертавайки високата им ценност за човечеството. Една от целите на списанието „Светът на физиката“ е именно да информира за постиженията на физиката като фундаментална наука и за приложните аспекти и значението им при развитието на технологиите.

Доста години преди да се оформят идеите за устойчиво развитие, анализатори определяха проблемите за решаване пред човечеството като „трите Е“ – *Energy, Ecology, Education*. В настоящия брой на списанието публикуваме материали и по трите Е.

Един от пътищата за решаване на проблемите с енергетиката е овладяването на термоядрения синтез. Знаем, че термоядреният синтез е сливане на атомни ядра, в резултат на което се освобождава огромна енергия. Какви са обаче условията за осъществяването му, дали като тези на Слънцето? След като се направят необходимите пресмятания, се получава, че за да започне термоядрен синтез трябва да се достигне температура около милиард келвина! Какво е това „токамак“, за Международния проект ITER и за това дали все още термоядреният синтез е „нещо на 30 години от нас“, прочете в настоящия брой на списанието.

На проблемите на околната среда, свързани с климата, е посветена статията „Бъдещето на прогнозите за времето и климата“. През последните десетилетия се наблюдава постоянно подобряване на качеството на прогнозите за времето и климата. Как са постигнати тези успехи, каква е ролята на информационните технологии за напредъка в численото моделиране и прогнозиране, каква е визията за бъдещия напредък в областта на прогнозирането на времето и климата през 2030-те години, както и за Бялата книга, озаглавена „Бъдещето на прогнозите за времето и климата“, можете да прочетете в тази статия.

В рубриката на сдружение „Космос“ ви представяме интервю с докторанта Виктор Димчев. Какво е да завършиш физика във Физическия факултет на Софийския университет, да си докторант, следвайки пътя на един учен, работейки в същото време в частна компания, където условията са различни от тези в академичните среди? Преди това обаче е училищната сага. Разговорът върви леко и интригуващо. Разказът е малко като „преди да се родя и след това“. Коя книга е по-интересна, „Геометрия на физиката“ или книгите за Хари Потър?

Оказва се, че Хари Потър си е физик, а колкото до геометрията, това ми напомня един разговор между двама големи физици – Пол Дирак и Абдул Салам. Дирак пита: „Как мислите – геометрично или алгебрично?“. И пояснява, че той самият мисли геометрично: „Представям си без усилие пространството на де Ситер като 4-мерна повърхност в 5-мерно пространство“.

Нека отбележим и едно телевизионно интервю с Виктор Добриков, един от тримата ученици, постигнали максимален резултат – 100 от 100 възможни точки – на изпитите по български език и математика на матурата за 4 клас. На въпроса какъв иска да стане, той отговори, че иска да стане физик. За съжаление по-късно в интервюто, което можеше да се прочете в Интернет, тъкмо тази част беше пропусната. Независимо от това, този отговор на представител на следващите поколения не може да не ни радва.

Един научен резултат трябва да бъде споделен със съответната общност. Публикуването в научно списание следва отдавна установена процедура, която включва рецензиране, прилагано първоначално за определяне на това, кои ръкописи да бъдат публикувани. По-късно процесът на рецензиране се използва, за да се гарантира експерименталната и етичната обосновка, както и качеството, и оригиналността на резултатите. На това какво се случва понастоящем в условията на бързо променящата се среда на „отворената наука“, огромното увеличение средно с 5% годишно на броя публикувани статии и предизвиканите промени в научното публикуване, е посветена статията „Ще оцелее ли конвенционалният модел на *peer review*?“. По тази тема са публикувани и преди материали в списанието и бихме искали да проследим мнението на нашите читатели.

Несъмнен интерес представлява и историята на нашата Алма Матер – Софийският университет, и в частност на Физическия факултет, от предложението на Константин Иречек, през следващите 20 години на XIX век, години, изпълнени с много ентузиазъм и активна дейност. Разказът ще бъде продължен и в следващия брой.

Приятно четене на нашите читатели!

Сашка Александрова

главен редактор на „Светът на физиката“

ВЪЗМОЖНОСТИ НА ФИЗИЧНИЯ МЕТОД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ, ОСНОВАН ВЪРХУ ФИЗИЧНИЯ ЕФЕКТ ЯДРЕН ГАМА-РЕЗОНАНС И ПРИЛОЖЕНИЯ НА МЬОСБАУЕРОВАТА СПЕКТРОСКОПИЯ

втора част

Петко Б. Кръстев

Характерни особености на Мьосбауеровия спектър

Енергиите (E) на фотоните, излъчени от ансамбъл идентични ядра, здраво свързани в пространството, преминавайки от възбудено (E_e) към основно състояние (E_g), се разсейват около една средна енергия $E_0 = E_e - E_g$. Разпределението на интензитета на лъчението в този случай като функция на енергията E представлява емисионна линия, изразена с Лоренцова крива, която се дава с уравнението на Брайт – Вигнер:

$$I(E) = \frac{\Gamma/(2\pi)}{(E - E_0)^2 + (\Gamma/2)^2}.$$

Емисионната линия е центрирана в средната енергия E_0 на прехода и е нормирана, така че интегралът да е равен на 1, т.е. $\int I(E)dE = 1$. Вероятностното разпределение за съответстващия процес на поглъщане, т.е. асорбционната линия, има същата форма като тази на емисионната линия, поради инвариантността на времето. Полученият енергетичен Мьосбауеров спектър, е конволюция от енергетичните спектри на източника и поглътителя. Отношението Γ/E_0 на ширината Γ и средната енергия на прехода E_0 определят точността, необходима за ядрена гама-абсорбция, т.е. за настройването на процесите на излъчване и поглъщане в резонанс.

Гама-квантите, подходящи за резонансно поглъщане, се характеризират с рекордно висока относителна разделителна способност по енергия. Например, в случая на Мьосбауеров преход в ^{119}Sn ядра, се получава:

$$\frac{\Gamma}{E} = \frac{2,5 \cdot 10^{-8} \text{ eV}}{23,88 \cdot 10^3 \text{ eV}} \approx 10^{-12} \text{ eV}.$$

От израза следва, че енергията на Мьосбауеровите гама-кванти може да се контролира с точност до 10^{-12} eV . Времената на живот на възбудените ядрени състояния, подходящи за Мьосбауерова спектроскопия, варират в границите от $\sim 10^{-6} \text{ s}$ до $\sim 10^{-11} \text{ s}$. Линиите на излъчване и поглъщане при времена по-дълги от 10^{-6} s са твърде тесни и не могат да се припокриват съществено, поради изискваните много малки Доплерови скорости. От друга страна, времена на

живот по-къси от 10^{-11} s, са свързани с твърде широки линии на преход, и резонансът става неразличим от основната линия на спектъра [3].

Методи за регистрация на гама-кванти в Мьосбауеровата спектроскопия

Откритието на Мьосбауер позволява да се установи наличието или отсъствието на ядрен гама-резонанс в определени изотопи. Но, ако енергетичните състояния на ядрата се променят в зависимост от химическото им обкръжение, как да се направи така, че гама-квант със строго определена честота да се погълне от ядрото? За тази цел е необходимо да се измени честотата на гама-квантите, насочени към поглътителя [5]. При движение на източника в посока към поглътителя честотата на гама-квантите слабо нараства и обратно, при движение на източника в обратна посока на поглътителя, гама-квантите достигат поглътителя с по-ниска честота. Измененията на честотите, възникващи при относително движение на източник спрямо поглътител, са известни като Ефект на Доплер, а промяната на това движение се осъществява с помоща на т.нар. Доплеров модулатор. Съгласно ефекта на Доплер изменението на честотата (енергията) на гама-квантите се дава от израза:

$$\Delta E = \pm E_{\gamma} \frac{v}{c} \cos \alpha,$$

където E_{γ} е енергията на гама-квантите, v е относителната скорост на източника спрямо поглътителя, c – скоростта на светлината, α – ъгълът между посоката на разпространението на гама-квантите и вектора на скоростта v . Зависимостта на броя регистрирани от детектора гама-кванти от скоростта на движение на източника спрямо поглътителя определя Мьосбауеровият спектър. Гама-квантите се поглъщат в мишената и почти мигновено се излъчват (в течение на 10^{-7} s за ^{57}Fe) във всички направления. Качеството или „ефекта“ на спектъра зависи от броя на регистрираните гама-кванти в детектора в зависимост от скоростта на движение на източника спрямо поглътителя или от качеството на т.нар. „Доплерова модулираща система“. В нея винаги съществува известна нелинейност, обусловена от множество фактори, свързани със съотношението сигнал – шум, времевата и температурна нестабилност, определяща скоростната амплитуда на сигнала, дрейфа на нулевата стойност при отчитане на скоростта, незначителната промяна в интегралната и диференциална нелинейност на скоростния сигнал и др.

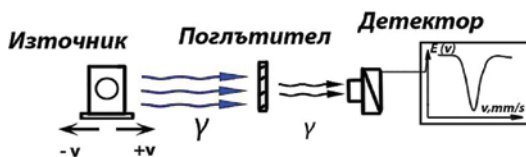
Апаратурата за Мьосбауерови измервания е стандартна и включва повечето компоненти за детектиране на рентгенови лъчи и получаване и обработка на данни, получени от детектора и многоканалния анализатор. Основните елементи за Мьосбауеровата апаратура са радиоактивен източник (с подходящ период

на полуразпад и разположен в специална матрица (Фигура 5), както и електромагнитен модулатор, който се движи равномерно праволинейно с определена скорост. Редица международни компании предлагат цялостно оборудване за Мьосбауерова лаборатория, както и отделни компоненти на Мьосбауеровия тракт. Поради късите времена на живот на най-често използваните Мьосбауерови изотопи, ^{57}Co – 271 дни (с активност в границите на 20-50 mCi) и $^{119\text{m}}\text{Sn}$ – 245 дни, е необходимо често да се закупува източник за изследвания. Мьосбауеровият източник се създава чрез дифузно разсейване на ^{57}Co атоми в родиева (Rh) матрица. В тази матрица атоми на ^{57}Co изместват и заемат местата на някои атоми от Rh кристална решетка, като по този начин се осигурява еднородно обкръжение на ^{57}Co атоми, единствено от равномерно разпределени Rh атоми. Чрез тази методика на имплантиране, се осигуряват еднакви енергетични нива на ^{57}Co атоми и съответно те ще излъчват гама-кванти с една и съща енергия. Въпреки че съществуват радиационни изисквания за работа и съхранение на радиационните източници, при снемане на спектър в геометрия на пропускане и разсейване, облъчваните образци (за разлика от емисионната Мьосбауерова спектроскопия) не се активират и не са радиоактивни след облъчване.

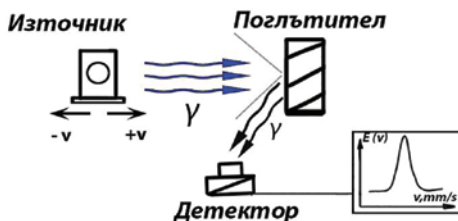
Метод на пропускане

Мьосбауеров спектър се регистрира обикновено чрез два метода. Най-често използван е т. нар. „метод на пропускане“. При този метод източникът, поглътителят и детекторът са поставени съосно един спрямо друг (Фигура 5а). В тази геометрия детекторът регистрира единствено преминалото през резонансния поглътител гама-лъчение. Поради разсейването на гама-квантите във всички направления (4π), се налага колимиране на ъгъла, под който гама-квантите напускат поглътителя и достигат до детектора. За удобство се приема да се означават осите, свързани с разпределението на енергията, в единици: mm/s.

а). Геометрия на пропускане



б). Геометрия на разсейване



Фигура 5. Методи за регистрация на гама-кванти в Мьосбауеровата спектроскопия

Метод на разсейване

В много случаи вместо да се измерва скоростта на броене на гама-квантите, преминали през погълтителя в зависимост от скоростта на движение на източника, се изследва изменението на интензитета на лъчението, отразено под голям ъгъл спрямо първоначалната посока на потока гама-кванти. Докато в метода на пропускане се регистрира преминалото през погълтителя гама-лъчение, то при метода на разсейване се регистрират само резонансно разсеяните гама-кванти, т.е. гама-квантите, които са погълнати резонансно и след известно време (средното време на живот на възбуденото състояние) са излъчени от разсейвателя (Фигура 5б). Практически, наред с резонансно разсеяните гама кванти, в детектора се регистрира и някакъв фон, така че резонансният спектър, получен по метода на Доплеровата модулация, ще се представи като плато, над което се издига някакъв максимум. Характерното за този метод е, че скоростта на броене в детектора се определя от произведението на два малки телесни ъгъла. Всяко увеличение на тези ъгли води до влошаване на скоростния резонансен спектър, тъй като енергията на гама-квантите зависи както от относителната скорост на източника спрямо погълтителя, така и от ъгъла под който се разпространяват тези гама-кванти [5]. Затова при геометрията на разсейване се използват по-силни източници, за разлика от метода на пропускане. Подбирайки подходящи ъгли на разсейване и тънък разсейвател, резонансният ефект, получен в тази геометрия, може да се увеличи до няколко стотин процента.

Конверсионна Мьосбауерова спектроскопия

При разпада на атомните ядра в източника, въпреки монохроматичното гама лъчение, което се поглъща, не всички ядра в него излъчват гама-кванти. Например само само 10,9% от разпада на изотопа ^{57}Fe се съпровожда с излъчването на гама-кванти. С по-голяма вероятност се осъществява вътрешен конверсионен процес, при който енергията на ядреното възбудено състояние се прехвърля (конвертира) върху атомните електрони. Тези електрони, получили енергия, обикновено напускат атома или преминават към по-високо възбудено състояние, след което се наблюдава излъчване на характеристично рентгеново лъчение. В геометрия на разсейване конверсионният метод на детектиране е особено подходящ, когато е трудно приготвянето на тънки образци от даден материал. Приложенията на конверсионната Мьосбауерова спектроскопия са свързани с повърхнинен анализ на материали на дълбочина от порядъка на 100 nm. Ако електронният детектор притежава добра разделителна способност по енергии, конверсионната спектроскопия може да се използва за анализ на еднослойни повърхности. Понякога се налага обогатяването на Мьосбауеровия

изотоп ^{57}Fe , който не е радиоактивен и е естествено обогатен до 2,2%, особено при изследването на неорганични материали, на химични съединения и протеини, в които желязото се намира в много ниска концентрация и получаването на Мьосбауеров спектър е трудно.

Приложения на Мьосбауеровата спектроскопия

Отличителна черта на Мьосбауеровия спектър е, че за разлика от други методи за характеризиране, подобно на метода ядрено-магнитен резонанс (NMR) той дава възможност да се изследват промените в свойствата на материалите „отвътре“, т.е. да се направят изводи на базата на изменение на физичните характеристики на атомните ядра. Мьосбауерова спектроскопия, основана на синхронронни източници на лъчение, дава възможност за изследване на вибрационни състояния в твърдите тела, за измерване на времената на откат на атомни ядра, както и определяне на условия за получаване на кохерентност в ядрата [6]. Невъзможно е да се обхванат всички приложения на Мьосбауеровата спектроскопия в една статия или отделна книга, като се има предвид, че с обособяването на нови научни клонове възможностите за изследване с този спектроскопски метод постоянно нарастват. Приносите на метода в отделните области на науката могат условно да се разделят на фундаментални и приложни. Фундаменталните са свързани с изследването на ядрените електромагнитни преходи, което включва измерване времена на живот на възбудени ядрени състояния, както и измерване на изомерни отмествания, свързани с промяна на ядрените радиуси и ротационни преходи, с което се допринася за подобряването на моделите на атомното ядро. Едни от най-често използваните приложения на Мьосбауеровата спектроскопия са определянето на изомерното отместване (IS) и квадруполното разцепване (QS), свързани с s-електронната зарядова плътност на ядрата, носещи информация за характера на химичната връзка, валентността и наличието или отсъствието на ковалентна структура. Промяната в тези свръхфини параметри е свързана със структурната симетрия и вълновите функции на външните атомни електрони на Мьосбауерови изотопи. Съществуват и екзотични приложения на метода, част от тях свързани с изследването на ядрени свръхфини аномалии между основно и възбудено състояние, изследване на квантовата интерференция при разпад на конверсионни електрони и нарушаването на времеви интервали при електромагнитен разпад на ядрата. Практическото значение на метода се изразява най-вече в характеризирането на смесени, метални и редкоземни оксиди, като се изследват най-често следните характеристики: дефекти в кристалната решетка, промени в локалната симетрия, оксидационни състояния, фазови преходи, промени в магнитните свойства, поляризационни и релаксационни електронни ефекти, промяна в електронната плътност, спинов и орбитален магнетизъм, обменни спиновы взаимодействия,

високо- и нискоспинови състояния [2, 3, 6]. Много често се променят външните условия, при които се изследват образците, като температура, магнитни полета, поляризация и налягане. Определянето на стойностите на изомерното отместване в кристални и разредени твърди вещества е от съществено значение за биохимията, биофизиката и катализа. Мьосбауеровата спектроскопия се използва широко при изследването на биомолекули, металопротеини, ензими и дори миоглобин и хемоглобин, като в тези случаи синхротронната Мьосбауерова спектроскопия преодолява ограниченията на трансмисионните и конверсионните методи. За изучаване влиянието на 3d и 4f електронните слоеве върху магнетизма на високотемпературни полупроводници, свръхпроводници и метални (редкоземни) оксиди е особено подходящ за използване методът на емисионната Мьосбауерова спектроскопия [6], дори когато атоми на Мьосбауеровия изотоп не присъстват в структурата на изследвания образец. Характерното за този метод на изследване е това, че високоенергетични Мьосбауерови атоми (с енергии около 40 – 60 keV) с ниска концентрация на лъчевия сноп, получен от линеен ускорител, облъчват даден образец, като заместват или заемат позициите на други атоми в неговата кристална решетка. По този начин локалното атомно обкръжение в кристалната решетка се повлиява от примесните Мьосбауерови атоми, изменят се спиновите, магнитните и структурните характеристики на изследваните образци.

Чрез Мьосбауерови методи се изучават също така и желязосъдържащи молекули, използвани при лечение на болести като Паркинсон и Алцхаймер. При изследването на съставни материали и разредени атомни системи недвусмислени резултати се получават, когато Мьосбауеровата спектроскопия се съчетава с рентгенова и неутронна дифракция, Раманова спектроскопия, метод на нарушените ъгливи гама-корелации, микроскопски и магнитни измервания на хистерезисни криви и магнитна възприемчивост на материалите.

Мьосбауеровата спектроскопия е тясно свързана с изследването на наноматериали, магнитни слоеве и магнитни повърхности и чрез нея е възможно да се добие детайлна информация за поведението и изменението в свойствата на феро- и феримагнитни наночастици, съставени от единични магнитни домейни. Обособяването на такива домейни става възможно, когато диаметрите на частиците се намират в границите от 3 до 50 nm, в зависимост от изследвания материал. Изменението на топлинната енергия в тези частици под влияние на температурата или външни магнитни полета е причина за препоръка на техните направления на магнетизация. В този случай наночастиците запазват магнитната си подредба, но се променя тяхната ос на магнетизация в даден много кратък времеви интервал, което се изразява в пълно или частично свиване на свръхфиното магнитно разцепване и съответно промяна във

формата на Мьосбауеровия спектър. Активизационната енергия, асоциирана с това „суперпарамагнитно“ поведение, се изразява чрез енергията на магнитокристалната анизотропия, която се изменя в даден интервал от време в обем kV. След премахването на външното магнитно поле, в наночастиците се наблюдава липса на коерцитивна сила и остатъчен магнетизъм. Поради тези техни свойства рискът от образуване на агломерати при стайна температура е пренебрежимо малък. Това е една от причините магнитните наночастици да бъдат толкова често използвани в биомедицинските изследвания. Промените в стойностите и закономерностите, установени в свръхфините взаимодействия на база на Мьосбауеровите спектри, са критерий за характеризиране на магнитоподредени материали, проявяващи феро-, фери- и антиферромагнетизъм. Примесните валентни съединения с шпинелна, перовскитова, гранатна структура и магнитните оксиди са много подходящи за изследване чрез Мьосбауерова спектроскопия. Обикновено се използват различни температурни диапазони, с цел характеризиране на промените, настъпващи в техните спинови и валентни състояния, фазовите преходи и магнитната подредба. Дори когато стойностите от дадени Мьосбауерови спектри са трудни за интерпретация, съществуват стандартни стойности, които са налични и могат да бъдат сравнявани в интернет базата данни на *Mössbauer Effect data center*. Мьосбауерова спектроскопия е използвана при изследването на състава на повърхността, кратерите и падналите метеорити на планетата Марс, чрез всъдеходите *Spirit* и *Opportunity*, през 2004 г., оборудвани с миниатюрен спектрометър (*miniaturized Mössbauer spectrometer* – MIMOS) [3]. Методът на рентгеновата дифракция дава еднозначна информация за структурата на молекулите и йоните, той може да се прилага предимно за изследването на вещества с ясно изразена кристална структура, които се приготвят във вид на монокристали с правилна форма. Инфракчервената спектроскопия и ядреномагнитния резонанс, от друга страна, дават косвена информация за веществата, намиращи се във вид на прахове и разтвори. Резултатите относно структурните данни, получени на базата на горните методи не винаги се съгласуват един с друг. В тези случаи, Мьосбауеровата спектроскопия допринася в голяма степен за изясняването на противоречия, свързани с експерименталните данни.

Рудолф Лудвиг Мьосбауер – кратка библиографска справка [7]

Рудолф Мьосбауер е роден в Мюнхен през 1929 г., като на 20 години вече е студент в Техническия университет на същия град. Завършва Техническия университет в Мюнхен през 1952 г. с дипломна работа по приложна физика в лабораторията и под ръководството на Хайнц Майер-Лайбниц, физик, проявяващ особен интерес към ядрената резонансна флуоресценция. През 1955 г.

започва работа по своята дисертация в Макс Планк Института за медицински изследвания в Хайделберг, където провежда първите експерименти, свързани с безоткатно ядрено-резонансно поглъщане. Поради факта, че институтът, в който работел, не е бил част от университета, Мьосбауер нямал право на защита на докторска дисертация и остава под ръководството на Майер-Лайбниц, който всъщност е официалният ръководител на докторската дисертация, защитена в Мюнхен през 1958 г. на тема: „*Kernresonanz-Fluoreszenz von Gammastrahlen im Iridium 191 (Nuclear resonance fluorescence of gamma rays in iridium 191)*“. За експериментите, извършени в периода 1956 г. и 1957 г. и откритието, направено през 1958 г., свързани с ефекта на ядрен гама-резонанс в гама-линията с енергия 129 keV в изотопа ^{191}Ir , за правилното обяснение на ефекта, както и за създаването на метода на Мьосбауеровата спектроскопия, Рудолф Мьосбауер е отличен през 1961 г. (само три години след откритието си) с Нобелова награда по физика. По молба на Р. Файнман през 1960 г., Р. Мьосбауер се премества от Техническия университет в Мюнхен (TUM) в Калифорнийския технологичен институт – Калтек, САЩ, като през 1962 г. вече е назначен там за професор. През 1964 г. се връща в Техническия университет в Мюнхен като професор и остава на тази позиция до пенсионирането си през 1997 г. Р. Мьосбауер се обявява за широко сътрудничество в областта на физиката, особено със съветските си колеги, по време на Студената война. Посещава няколко пъти Съветския съюз и организира срещи между американски и съветски физици. През 1972 г. се премества в Гренобъл, за да наследи Хайнц Майер-Лайбниц като директор на Института „Лауе-Ланжвен“, но след петгодишно пребиваване във Франция се завръща отново в Университета в Мюнхен. Почива на 14.09.2011 г. в Грюнвалд, Германия, на 82-годишна възраст. Професор Мьосбауер е запомнен като отличен експериментатор и превъзходен лектор в областта на теоретичната и експерименталната физика.

Цитирана литература:

- [1] A. Maddock, Mössbauer Spectroscopy: Principles and Applications, Elsevier Science, (1997), ISBN: 9781782420606
- [2] V. Sharma et al., Mössbauer Spectroscopy, John Wiley & Sons, Inc., (2013), DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118714614>
- [3] P. Gütllich et al., Mössbauer Spectroscopy and Transition Metal Chemistry, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2011), DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88428-6>
- [4] G. Wertheim, Mössbauer Effect, Principles and Applications, Academic Press, New York, 1964.
- [5] Т. Русков, Ефект на Мьосбауер, Наука и изкуство, София, (1975).
- [6] Y. Yoshida, G. Langouche, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2013), DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32220-4>
- [7] M. Kalvius, P. Kienle, The Rudolf Mössbauer Story, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2012), DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17952-5>

За автора:

Гл. ас. д-р Петко Бориславов Кръстев работи в Института по ядрени изследвания и ядрена енергетика – ИЯИЯЕ, към Българската академия на науките. Доктор по ядрена физика от 2012 г., магистър по физика и математика, магистър по медицинска радиационна физика. Работи в областта на експерименталната ядрена физика, радиационната физика, циклотронната ускорителна физика и физиката на плазмата. Практическият му опит досега включва стаж и квалификация в областта на медицинската радиационна физика и лъчетерапията, обработката на сигнали и характеризирането на материали с помощта на ядрено-физични методи. През 2020 – 2021 г. специализира плазмено-физични методи за диагностика и работи като физик по диагностика на плазмата към ITER, EUROfusion, NBTF, Consorzio RFX, Падуа, Италия.

От 2014 г. до момента, е част от международна научна група, провеждаща експерименти на комплекса ISOLDE, CERN, в областта на емисионната Мьосбауерова спектроскопия. Притежава специализация в областта на ядрените методи, използвани за целите на криминалистиката към IAEA, NISA, *Pacific Northwest National Laboratory*, Richland, Washington USA, както и квалификация за обучение на кадри в областта на използването на радиоактивни източници, стоки и материали с двойна употреба.

POSSIBILITIES OF THE PHYSICAL METHOD OF RESEARCH BASED ON THE PHYSICAL EFFECT GAMMA NUCLEAR RESONANCE AND APPLICATIONS OF MÖSSBAUER SPECTROSCOPY

Petko B. Krastev

The purpose of the paper is to provide brief information about the Mössbauer effect, as well as Mössbauer spectroscopy, while introducing readers to the possibilities and applications to one of the most powerful methods for studying structure of matter.

БЪДЕЩЕТО НА ПРОГНОЗИТЕ ЗА ВРЕМЕТО И КЛИМАТА

Димитър Иванов

Увод

Устойчивото повишаване на качеството на прогнозите за времето през последните десетилетия е безспорно. Развитието на числените модели към по-реалистично представяне на атмосферните процеси в цялата им сложност, както и добавянето на взаимовръзките с океана и другите елементи на „земната система“ (*Earth system*), води до по-точни прогнози с по-дълъг срок на предсказване. Популярна е статистиката, че на всеки 10 години печелим един допълнителен ден с надеждна прогноза или, с други думи, прогнозата за петия прогностичен ден днес е толкова добра, колкото прогнозата за четвъртия ден преди 10 години. Това е доста опростен израз на цялостната картина при оценка на напредъка в качеството и стойността на прогнозите, но тя е илюстративна за устойчивия линеен характер на този прогрес. Основен фактор за успеха през годините беше развитието на изчислителната техника и умението на прогностичните центрове да използват най-мощните компютри за момента в изследователската и оперативна работа с числените модели и тяхното непрекъснато усъвършенстване. Неимоверното увеличение на наблюдателните данни, особено от метеорологичните спътници, е друг важен фактор за успеха с възможността за непрекъснат мониторинг на състоянието на атмосферата, включително над океаните, и детайлен анализ на текущата ситуация.

Този напредък на численото моделиране доведе до също такъв бърз ръст на качеството на оперативните прогнози – общи и специализирани, на предупрежденията за опасни явления, като надеждността на тези прогнози се увеличи от първоначалните два-три дни до седмица, дори до десет дни напред. Свързаните хидрологични прогнози също се подобриха, а климатичните моделни симулации стават все по-полезни в дългите срокове за години и десетилетия напред. Въвеждането на ансамбловите прогностични системи през 90-те години на миналия век даде нов тласък на вероятностното прогнозиране с оценка на неопределеността (вътрешна характеристика на числените прогнози, обусловена от неизбежните грешки в началните данни и границата на детерминистична прогнозируемост на хаотичната земна система).

Друга област на голяма положителна промяна е в новите възможности и средства за достъп до прогнозите и тяхното използване при вземане на решения – от сравнително безобидни решения като дали да вземем чадър, когато

излизаме от къщи, до инвестиционни решения на държавно ниво за критична инфраструктура, струваща милиарди и предназначена за десетилетия напред. Достъпът до информацията чрез мобилни смарт устройства е удобство за ежедневието, но и важен фактор при предприемане на бързи действия на базата на предупреждения за опасни явления.

На фона на тези безспорни успехи, съвременното състояние на земната система и нейната бъдеща динамика поставят нови изисквания и предизвикателства към метеорологичната, хидрологичната и климатологичната общности за по-нататъшно ускорено развитие на прогнозирането и свързаните информационни услуги в помощ на адаптацията към климатичните промени, както и свързаните социални и икономически предизвикателства, дължащи се на растящия риск от екстремни прояви на времето, деградацията на околната среда, водната криза и т.н.

Световната метеорологична организация (СМО) винаги е била основна координираща сила на целия комплекс от системи, които са в основата на глобалните усилия за усъвършенстване на научното знание за земната система и свързаните приложения в помощ на хората и икономиката. В стратегическия план на СМО е записана визия, че с общите усилия на учените и практиците от всичките 193 държави и територии, членки на организацията, към 2030 г. *„ние виждаме един свят, в който всички нации, особено тези, които са най-заплашени (от проявите на времето и климата), са с повишена устойчивост (resilience) към социо-икономическите последствия от екстремните метеорологични, хидрологични и климатични явления, и тяхното устойчиво развитие е подпомагано от най-добрите възможни услуги, било то на земята, в океана, или във въздуха“*.

Осъществяването на тази амбициозна визия не е лесно, при положение че настоящото развитие на земната система в епохата на антропоцена¹ върви против устойчивостта, с ускорена деградация на околната среда и изостряне на климатичните изменения. Основен принос на научнопрактическата общност, работеща по различните аспекти на земната система, е в повишаване възможността за по-точно и надеждно моделиране, прогнозиране и предоставяне на една нова генерация от знание и услуги (*a new generation of weather and climate intelligence*), които ще подпомогнат усилията за предотвратяване на загубите и адаптиране към променящата се околна среда на всички нива – от правителствата до отделните граждани.

В тази насока на усилия СМО разработва серия от „бели книги“ (*white*

¹ Терминът „антропоцен“ е приет за най-новата геологична епоха, която се определя от огромното човешко въздействие върху планетата (източник: <https://www.nationalgeographic.bg/a/antropocena-epochata-na-coveka>).

papers) по избрани горещи теми, които имат ключово значение за успеха на споменатата визия 2030. През 2021 г. излезе първата от тези бели книги със заглавие „Бъдещето на прогнозите за времето и климата“ (https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21856#.YkVqKFXP2ot). Това е колективен труд на повече от 30 световни авторитети от науката и практиката на моделирането, прогнозирането и свързаните технологии, координиран от дирекцията на СМО по „публично-частно ангажиране“ (*public-private engagement*), на която авторът на тази статия имаше честта да е първият директор. Главен редактор беше д-р Жилбер Брюне от Канада, понастоящем *Chief Scientist* на Австралийското бюро за метеорология. Основната цел на бялата книга е да очертае съвременното състояние на проблемите, анализира тенденциите и даде насоки за развитие, както и оценка на съществуващите рискове за страните/субектите, участващи в целия комплекс по развитие и предоставяне на информационно обслужване за времето, водата и климата (ИОВВК).

Настоящата статия представя на българската публика основните дискусии и изводи от споменатата бяла книга, които могат да стимулират общността у нас да обедини усилията си в интерес на подобряването на ИОВВК за всички български потребители.

Кратък исторически преглед

Прогнозирането на времето започва далеч преди разработването и оперионализирането на числените атмосферни модели. Опити и изследвания, насочени към разбирането на атмосферните процеси, водещи до наблюдаваните промени на времето и евентуално неговото прогнозиране, датират много отдавна. Липсата на систематична научна обосновка по онова време е водела до причисляването на такива предсказания към астрологията и ясновидството или към народния фолклор.

Наличието на систематични наблюдателни данни за голяма територия е необходимо условие за предсказването на времето. Един от важните исторически моменти, даващи тласък напред, е създаването на Палатинското метеорологично общество (*Societas Meteorologica Palatina*) през 1780 г. от Майнхаймската академия. Това е първата организирана мрежа от метеорологични станции за едновременно атмосферни измервания. Макар и сравнително краткотраен „проект“, приключил през 1795 г., Палатинската мрежа е била важна за времето си иновация, включваща в пиковия си период 37 участващи пункта, разположени от Урал до Северна Америка. Участвали са университети и академии, но и манастири, като всички са били снабдени с еднообразни калибрирани инструменти, детайлни инструкции и таблици за записване на данните от наблюденията, извършвани по синхронен начин.

Първата половина на XIX в. отбелязва постепенно засилване на интереса към метеорологията и климатологията не само като научни, но и като приложни дисциплини. Мнозина считат работата на адмирал Фицрой във Великобритания през петдесетте и шестдесетте години на XIX в. като начало на систематичните прогнози за времето. Използването на телеграфа за бърз обмен на наблюдателни данни прави възможни тези първи прогностични опити, базирани на, макар и примитивен, ситуационен анализ. Фицрой започва да издава щормови предупреждения за моряците през 1860 г., а една година по-късно започват и общите прогнози за времето, като първата е публикувана във вестник Таймс на 1 август 1861 г. (На Фицрой се приписва и въвеждането на термина *forecasting* за прогнозите вместо използвания до тогава *prognostication*).

Началните опити за прогнозиране през втората половина на XIX в. разбираемо не са били много успешни не само заради оскъдните наблюдателни данни, но и заради липса на теоретична основа, водеща до скептицизъм по отношение на възможността въобще да се правят научно обосновани прогнози на времето. Този скептицизъм е изразен най-ярко в написаното от Маргулес, че прогнозирането е „неморално и заплашващо характера на метеоролога“. Независимо от това, напредък се постига, особено в направление на разширяване на международното сътрудничество между нарастващия брой метеорологични и геофизични институти. Телеграфът дава възможност за обмен на данни през националните граници, с което се полага основата на трансгранична инфраструктура, която се счита за една от ранните форма на технологична глобализация. Активното междуинституционално сътрудничество от онова време кулминира в провеждането на Първия международен метеорологичен конгрес във Виена през август 1873 г., който е началото на глобално координираните дейности по изучаване и прогнозиране на времето и климата, продължаващи и днес чрез Световната метеорологична организация (СМО), основана като междудържавна специализирана агенция на ООН през 1950 г.

Историята на прогнозите за времето е интересна сама по себе си като глобално интелектуално и технологично усилие, описано в редица статии и книги. Тук ще дадем избрани моменти² в приблизително 150-годишната му история, които са от значение за тази статия.

Таблица 1. Важни дати от историята на прогнозите за времето

1861	Адмирал Фицрой поставя начало на прогнозите за времето във Великобритания с използване на данни, обменяни по телеграф
------	---

² Този списък не е изчерпателен, много съпътстващи фактори от развитието на изчислителните системи, спътниковите наблюдения, климатичното моделиране и пр. не са включени, поради липса на място.

1873	Първият международен метеорологичен конгрес (Виена) дава тласък на метеорологичните наблюдения в глобален мащаб, трансграничния обмен на данни и тяхната стандартизация
1900 – 1922	Раждането на численото прогнозиране с работите на Аббе (<i>C. Abbe</i> , 1901), Бйеркнес (<i>Vilhelm Bjerknes</i> , 1904) и Ричардсън (<i>Lewis Fry Richardson</i> , 1922)
ранни 1920	Начало на статистическите климатични предсказания и изследвания на глобални телевръзки, водени от Гилбърт Уокър (<i>Gilbert Walker</i>)
1930	Основополагаща работа по 3-мерната структура на тропосферата и крупномасщабната циркулация, водена от Росби (<i>Carl-Gustaf Rossby</i> , 1937)
1950	Първата компютърна числена прогноза с <i>E Carl-Gustaf Rossby</i> NIAC, извършена от групата, ръководена от Чарни (<i>Jule Charney</i>)
1960+	Начало на спътниковите метеорологични наблюдения и телекомуникации, започнати с първия метеорологичен спътник TIROS-1 (април, 1960)
1960	Начало на разработка на модели на общата атмосферна циркулация, използвани за изследване и предсказване на климата
1962	Създаване от СМО на Световната служба за времето (World Weather Watch) с нейните три системи: Глобална система за наблюдения, Глобална телекомуникационна система и Глобална система за обработка на данни
1963	Основополагащ труд на Лоренц върху теория на хаоса дава началото на теорията за атмосферната предсказуемост и павира пътя към числените ансамблови прогнози, разработени през 80-те и 90-те години на XX в.
1969	Начало на Програмата за изследване на глобалните атмосферни процеси (ПИГАП)
1969+	Първа глобална числена прогноза на времето (Робер) и последващото им развитие
1973	Създаване на Европейския център за средносрочни прогнози за времето (ЕЦСПВ) като междуправителствена организация
1979	Първият ПИГАП глобален експеримент за времето помага за събиране на най-детайлните наблюдения в глобален мащаб
1980+	Разработване на комбинирани (съчетани) „океан-атмосфера“ климатични модели
1992	Начало на оперативно издаване на ансамблови прогнози в ЕЦСПВ и Националния център за прогнози на околната среда (САЩ)
1997	Начало на използване на 4-мерна асимилация на данните в ЕЦСПВ, водещо до безпрецедентни подобрения в числените прогнози

2002	„Земен симулатор“, Япония, предлага забележителна инвестиция в суперкомпютър за изследователска дейност в областта на времето, климата и геофизиката
2007	Голяма крачка напред в система за прогноза на времето и климата на Земята система с въвеждането в действие на 3000 АРГО океански плаващи платформи
2015+	Третиране на неопределеността в прогнозите с помощта на ансамблово-вариационни техники за асимилация
2015+	Интензивно участие на частния сектор в прогнозите за времето; начало на използване на социалните медии; координационен диалог между публичния, частния и академичния сектор (<i>Global Weather Enterprise</i>), воден от Световната банка и СМО
2015+	Навлизане на методите на изкуствения интелект/машинното обучение (AI/MLAI/ML) в прогнозирането
2019	СМО организира Отворена платформа за консултации (<i>Open Consultative Platform</i>), за стимулиране на партньорството между заинтересованите страни в сферата на времето, водата и климата
2021	Бяла книга на СМО – бъдещето на прогнозите за времето и климата

Къде сме сега

Ако допреди 10 – 15 години за да научим актуалната прогноза за времето беше необходимо да чакаме до редовните новинарски емисии на радиото и телевизията, днес достъпът до тази информация е почти в реално време с помощта на уебсайтове или множество приложения за мобилни смарт устройства. През 2020 г. СМО организира за пръв път нещо като състезание за приложения (*apps*) за времето – *WMO International Weather Apps Awards (WIWAA)*. Едно бързо проучване показва, че в онлайн магазините на Google и Apple се предлагат няколко хиляди „апове“ с различни прогнози и информации, предоставяни както от националните хидрометеорологични служби (НХМС), така и от частни фирми за времето (*weather companies*), а някои със съвсем неясен произход. В „състезанието“ участваха около 120 приложения, оценявани от международно жури, съставено от метеоролози, журналисти, социолози и специалисти по електронни медии. Общата оценка на журито беше, че почти всички участници представят много информативни и полезни приложения с качествена графика и възможност за локализация, т.е. потребителят може да види информация, представена за точното време и място, където се (или ще се) намира.

Горното илюстрира една от големите промени, които се случиха в последните години, а именно, че прогнозите за времето наистина навлязоха в ежедневието

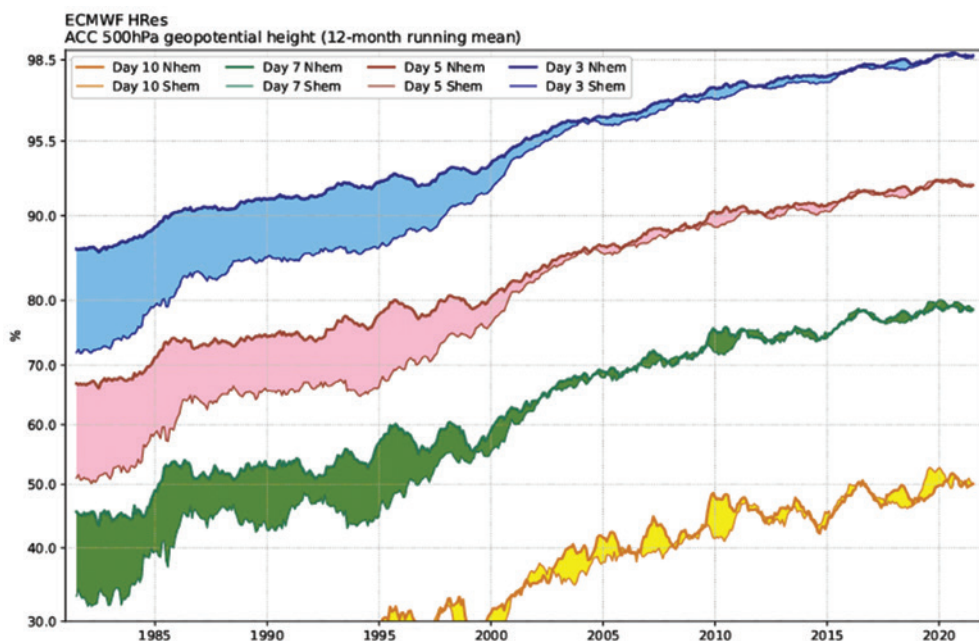
ни по начин, по който можем да вземаме редица информирани решения както за ежедневните ни дейности, така и за сериозни бизнес начинания. Времевият обхват на прогнозите се разшири до седмица и повече, а при по-дългите обхвати като месец, сезон или климатичните проекции за години напредъкът също е видим. Най-важните прогнози – предупрежденията за опасни явления, сега са много по-ефективни и навременни, а представянето им по лесно разбираем начин като цветови кодове позволява бързо вземане на адекватни превантивни мерки.

Можем да твърдим, че този забележителен напредък се случи благодарение на бързото развитие на численото моделиране и на наличието на много повече наблюдателни данни, както и на успоредното „експлозивно“ развитие на информационните технологии (ИТ), включително на средствата за достъп до информация, като социалните медии. За това ще става дума по-нататък в тази статия, а тук ще дадем само една илюстрация на съвременното състояние на нещата.

През последните 4 – 5 десетилетия успешността в прогнозирането (*forecasting skill*) в обхвата от 3 до 10 дни се подобряваше устойчиво с около един ден на всеки 10 години. С други думи, прогнозата за шестия ден днес е толкова успешна, колкото прогнозата за петия ден преди 10 години. В статията си „Една тиха революция“ (Nature, 2015), трима от водещите световни експерти в численото моделиране – Петер Бауер (ЕЦСПВ), Алън Торп (бивш генерален директор на ЕЦСПВ) и Жилбер Брюне (Метеорологично бюро на Австралия), използват „тиха революция“ като описание на прогреса в прогнозирането, защото то върви устойчиво и почти линейно без скокове, свързани с пробиви в научната им физична база. Макар и „тихо“, това устойчиво развитие носи огромни приноси за обществото и човешките дейности. Като изчислителен проблем, глобалното прогнозиране на времето е сравнимо със симулациите на човешкия мозък и с моделирането на процесите в младата Вселена, при това прогнозирането се извършва оперативно по няколко пъти на ден.

Прогресът на ЧПВ често се илюстрира с подобряването на хоризонталната и вертикалната разделителна способност (резолюция) на оперативните числени модели. Хоризонталната резолюция на глобалните модели е нараснала с над 40 пъти за последните 50 – 60 години (от около 400 km хоризонтална стъпка в началото на 60-те години, до по-малко от 10 km стъпка в сегашните глобални детерминистични прогностични системи). Сегашните регионални модели са още по-детайлни, с хоризонтална резолюция отиваща до 1 km. По вертикалата, в сравнение с ранните опростени (баротропни или квазигеострофни) числени модели с по няколко нива в тропосферата, сегашните модели достигат до височина от 80 km с повече от 130 вертикални нива. Разбира се, това е само един

аспект от развитието на ЧМПВ, но той отразява огромното подобрене в реалистичното отразяване на атмосферата, с все по-пълно отчитане на процесите от всички мащаби и техните нелинейни взаимовръзки. Свързването (*coupling*) на атмосферните модели с тези за океана, както и с модули, отчитащи други фактори на земната система – характера на земната повърхност (включително растителната покривка с нейната изменчивост, ледената покривка), аерозолите, химичния състав и пр., са в основата на успешното моделиране и прогнозиране за по-дългите времеви мащаби.



Фигура 1. Една от популярните мерки на успеха на прогнозата е осреднената корелация между прогнозата и анализа на геопотенциала на ниво 500 hPa, изразена като аномалия спрямо климатологичната стойност. Тук е представена еволюцията на тази мярка от 1980 г. досега за прогнозата на ЕЦСПВ за 3-ия, 5-ия, 7-ия и 10-ия ден, за Северното и Южното полукълбо. Стойностите, по-големи от 60%, се считат за „полезна (използваема) прогноза“, а над 80% – за висока степен на точност. Конвергенцията на кривите за северното (НХ) и южното полукълбо (СХ) показва напредъка, свързан с използването на сателитните данни във вариационния анализ (реф.)

Уебстраницата на Работната група по числено експериментиране (<http://wgne.meteoinfo.ru/nwp-systems-wgne-table/wgne-table/>) на СМО (*Working Group on Numerical Experimentation – WGNE*)) предоставя детайлна информация за оперативните числени модели на глобалните и регионалните центрове,

включени в Глобалната система за обработка на данни и прогнозиране (*Global Data Processing and Forecasting System – GDPFS*). Така например, детерминистичният модел на ЕЦСПВ в момента е със средна хоризонтална стъпка от 9 km и 137 нива по вертикалата; моделът работи на мултипроцесорен суперкомпютър Cray XC40 (12672 до 55000 ядра) (основният суперкомпютър на ЕЦСПВ скоро ще бъде заменен с ATOS BULL Sequana), с оперативни пускове два пъти в денонощието, като детерминистичната прогноза е за 10 дни напред, а ансамбловата с 50 члена на ансамбъла – за 15 дни напред. Цялостната Интегрирана прогностична система на всеки един от центровете е сложен комплекс от подсистеми за вход и изход, архивиране, създаване на графични продукти, верификация в реално време, научни експерименти, интерфейси за потребители и пр. Поради изискванията за непрекъсната работа, вкл. в извънредни ситуации, много от системите са дублирани, а инфраструктурата за електрозахранване и охлаждане е на индустриално ниво. Разходите за поддръжка и развитие са огромни, затова в световен мащаб има около 10 центъра за оперативни глобални прогнози, регистрирани в GDPFS като Световни метеорологични центрове (WMC); повечето от тях правят и дългосрочни прогнози – месечни и сезонни. В духа на сътрудничество между страните членки на СМО, огромната част от продукцията на тези центрове е достъпна като публична безплатна информация, а програмното обезпечаване е също налично като „отворен код“. Това дава възможност на НХМС и частните фирми във всички страни да развиват регионално и локално прогнозиране за целите на разработка и предоставяне на ИОВВК за различните потребители. Така „Глобалното предприятие за времето“ (*Global Weather Enterprise*) е една забележителна демонстрация на силата на международното сътрудничество в науката и практиката за предоставяне на глобална обществена полза (*global public good*).

Какви са очакванията за развитието на прогнозирането през настоящото десетилетие, а и след това

Мнозина биха казали, че са напълно доволни от прогнозите, които са широко достъпни днес, и това понякога се изтъква като контрааргумент, когато говорим за значителните инвестиции, необходими за достигането на следващо ниво на ИОВВК; въпросът е „колко добре е достатъчно добре“. Тим Палмър в своя принос към бялата книга на СМО поставя този въпрос и се аргументира, че ако наистина бяхме вече достигнали необходимото ниво на прогнозите, защо все още екстремните явления на времето и климата причиняват мащабни човешки и материални загуби почти във всички географски райони и защо, когато това се случва, хуманитарната помощ достига със закъснение до пострадалите. Палмър посочва един пример, който показва, че има още много да се желае в

прогнозите за екстремни явления. На семинар, посветен на разрушителните наводнения в Керала, Индия, през 2018 г., най-добрата ансамблова прогноза за епизода с изпреварване от една седмица (необходимо време за превантивни мерки), даваща 30% вероятност за валежен епизод с аномалия 2σ , е считана за успех от представителя на въпросния прогностичен център. Но присъстващ индийски учен е на мнение, че действителният валеж е бил поне 15σ далеч от нормалното, т.е., прогнозата за степента на екстремност на явлението е била далеч от наблюдаваното. Този проблем със „заглаждането“ на екстремността на най-важните от практическа гледна точка прогнози е едно от големите предизвикателства, върху които трябва да се работи в идващите години.



Фигура 2. „Верига на стойността“ (value chain), представяща подсистемите в комплекса за ИОВВК, както и поддържащите научно-технически и институционални фактори. Като цяло, необходимото финансиране (средства за опериране и поддръжка на системите, както и инвестиции за тяхното развитие) намалява от ляво надясно по веригата; генерираната социална и икономическа стойност за потребителите чрез предоставяне на ИОВВК нараства от ляво надясно

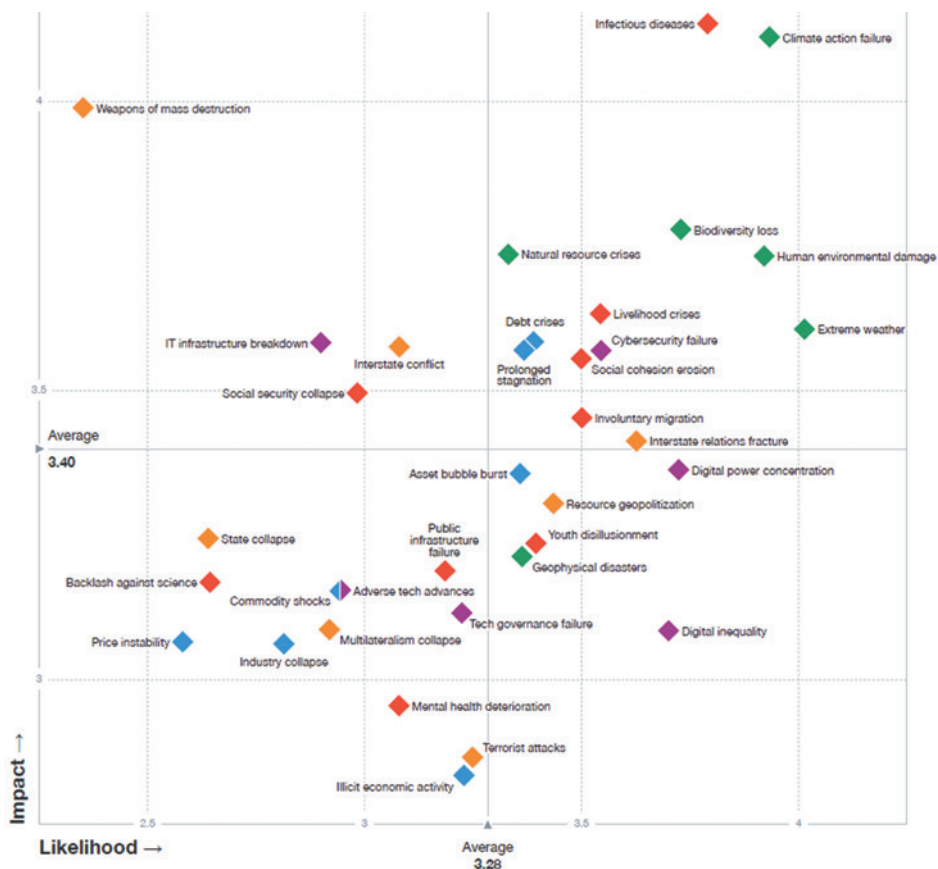
Този случай показва, че достигнатото дотук е недостатъчно, а ситуацията се усложнява и от доказаното влияние на климатичните изменения върху честотата и интензитета на екстремните явления, водещи до бедствия. Това е и едно от основните предизвикателства за бъдеща работа по цялата верига на стойността на ИОВВК, за да се осъществи визията за по-сигурно и устойчиво развитие. С подобряването на точността и надеждността на прогнозите за времето и климатичните проекции възможните неблагоприятни последици ще може да се атакуват по иновативни начини, вкл. и с изпреварващо финансиране за хуманитарна помощ и ликвидиране на последиците (т.нар. *forecast-based financing*, при което част от средствата за отговор на бедствията се осигуряват

предварително на база на прогнозен интензитет и географски обхват, а не постфактум и с голямо закъснение, както понастоящем).

Фактори, обуславящи развитието на прогнозите за времето и климата през десетилетието и отвъд

Няколко са основните фактори, които дават основание уверено да се очаква ускорено развитие на прогнозите и на ИОВВК през идващите години. Първият от тях е свързан с все по-комплексното разбиране на глобалните, регионалните и местните влияния и социоикономическите рискове от промените на климата и свързаните екстремни прояви на времето, водната и хранителните кризи. В ежегодната оценка на глобалните рискове, публикувана от Световния икономически форум, рисковете, озаглавени „Провал на адаптацията към климатичните изменения“ и „Екстремни явления на времето“, оглавяват „топ 10“ в списъка на глобалните рискове. Свързани с тях са множество потенциални опасности, като нарастващият недостиг на храна, миграцията, водната недостатъчност и др., които влошават като цяло стабилността и устойчивото развитие във всички мащаби – от локален до глобален. Планирането на адекватен отговор на тези рискове е в пряка зависимост от осигуряването на едно много по-високо ниво на ИОВВК и неговото интегриране във вземането на решения по цялата верига на социално и икономическо развитие. Този, нека го наречем, политически стимул за напредък на ИОВВК, е отчетен ярко и в три от основните инициативи, формиращи глобалния дневен ред 2030 (*the 2030 Global Agenda*): 17-те цели за устойчиво развитие на ООН (UN SDGs), Парижкото споразумение за климата и Сендайската рамка за намаляване на риска от природни бедствия.

Вторият фактор е свързан с напредъка на научното разбиране и технологиите в целия комплекс на ИОВВК или по т.нар. верига на стойността. Цялото десетилетие на 30-те години на XXI в. носи очакването за „дигитална трансформация“ във всички научно-технически области и в индустрията като цяло, а метеорологията, хидрологията и климатологията винаги са били в предните позиции на тези развития. Развитието на самите числени модели и на тяхната физическа база е част от този процес. То върви координирано между големите центрове в партньорство с институти и университети, както и с изследователски звена в частния сектор. Научните експерименти по усъвършенстване на моделирането, особено в областта на климатичните времеви мащаби, са изключително ресурсоемки, което по неизбежност ще изисква коалиране и федериране между много звена. Това вече се случва, като показателен пример е програмата на НОАА ЕПИК (*Earth Prediction Innovation Center – EPIC*), целяща усъвършенстване на оперативната система за прогнози за времето и климата в САЩ чрез широко сътрудничество между научни, публични и частни звена. Тази



Фигура 3. Карта на глобалните рискове на СИФ, версия 2021. Глобалните рискове се оценяват с помощта на анкета, обхващаща около 1000 експерти от мрежата на СИФ. От оценяваните 35 риска, в горния десен сектор на диаграмата са рисковете, които са едновременно с висока вероятност и висок импакт фактор. В тази група са „провал на адаптацията към промените на климата“, „загуба на биоразнообразие“, „деградация на околната среда поради човешки дейности“, „екстремни явления на времето“

програма отчита като недостатък съществуващата фрагментация в работата по моделиране и прогнозиране в САЩ и залага на новата парадигма на свободен достъп до данни и програмни кодове на всички потенциални контрибутори за ускорено развитие на системите в национален мащаб.

Третият фактор е свързан с протичащите процеси в общността, осигуряваща ИОВВК, която включва участници (*stakeholders*) от публичния и частния сектор, научноизследователската и академичната общности, потребителите, а напоследък и гражданските формати, като „гражданска наука“ (*citizens science*).

Съществуват традиционни форми на партньорство и сътрудничество между различните участници в тази пъстра общност, но така също и нарастваща конкуренция и „търкания“ в някои области. Напоследък се набляга на разширяването на взаимноизгодните партньорства между публичния сектор, който в повечето страни е представен от националните хидрометеорологични служби или агенции, частните компании, предоставящи ИОВКК, и научноизследователските организации (публично-частни-академични партньорства – ПЧАП). Необходимостта от такива ПЧАП се обуславя, от една страна, от факта, че ИОВВК като бизнес спада към т.нар. сектори с интензивно използване на научно знание (*knowledge-intensive business services*) и – от друга, от необходимостта да се оптимизира огромният финансов и човешки ресурс, за да се постигнат иновациите, водещи до желаното ново поколение от информация и услуги (*new generation of weather and climate intelligence*) за адекватен отговор на глобалните предизвикателства.

Тези основни фактори определят голямата активност на глобалната общност от участници в комплекса за разработка, производство и предоставяне на ИОВКК-продукти и услуги, за която напоследък се наложи термина *Global Weather Enterprise* (GWE)³. Специално място в тази активност има дискусията за някои рискове, свързани с нарастващия дял на частния сектор по цялата верига на стойността на ИОВВК – от наблюденията до прогнозирането и услугите, което може да води до принижаване на ролята (и съответно на финансирането от правителствата) на публичните национални служби/агенции в някои страни. СМО посвети на тази тема специална Женевска декларация-2019, приета от XIX-ия конгрес на организацията през юни, 2019 г. Основното послание на декларацията е за стимулиране на иновациите и прогреса чрез широко партньорство. Специално внимание се обръща също така на необходимостта да се подобри нивото на ИОВВК в развиващите се страни, където местните национални служби страдат от недостатъчно публично финансиране, съответно – ниско ниво на ИОВВК-услугите (особено на ранните предупреждения за опасни явления), водещо до съществени човешки и материални щети, причинени от комбинираните метеорологични, хидрологични и климатични бедствия.

По-нататък ще се спрем на факторите и разработките, които се очаква да имат доминиращо значение за прогреса на комплекса за ИОВВК през 30-те години на нашия век, основно на базата на „Бялата книга“, публикувана от

³ Терминът, който бе отначало използван в САЩ за описание на националната публично-частно-академична система за ИОВВК, не е еднакво добре приет в различни страни заради нюансите на превода на английската дума *enterprise* на някои езици като термин, използван в комерсиалния бизнес. По тази причина в публикации на СМО понякога се предпочита думата *community*.

СМО през 2021 г.

Преди всичко нека отбележим, че научно-приложната област, за която говорим, през последните десетилетия се базираше най-вече на развитието на числените модели, методи и системи за прогноза на времето, описвани като *Numerical Weather Prediction* (NWP). Дългосрочните климатични прогнози и проекции, както и хидроложките прогнози, обикновено се разработваха и експлоатираха от отделни групи учени и практики. Сегашният подход се опитва да преодолее тази раздробеност на усилията и ресурсите чрез т.нар. подход на земната система (*Earth System Approach*), който цели холистично разглеждане на планетарните системи в тяхната цялост и взаимосвързаност – атмосфера, хидросфера, биосфера, криосфера (според различни дефиниции). Това включва описанието на взаимодействията между тези системи (преки и обратни връзки) и отчитане на физични, химични и биологични фактори, а в сферата на предоставяне на услуги на крайните потребители – и на социално-икономически фактори с оценка на риска.

Другият важен нов подход е свързан с времевия обхват на прогнозите. Традиционното разделение според периода на валидност на прогнозата – от свръхкраткосрочни (период на валидност от 0 до 12 часа), през краткосрочни (до 36 часа), средносрочни (до две седмици) и дългосрочни (месечни, сезонни), се определяше от различните методи, използвани за всеки времеви интервал. Все повече тези методи конвергират и прогнозирането се извършва по „безшевен“ (*seamless*) начин, базирано на едни и същи прогностични системи, генериращи различен изходен продукт според необходимостта. Този подход беше утвърден на Световната отворена научна конференция за времето (*World Weather Open Science Conference*) в Монреал, Канада, през август 2014 г.; конференцията се проведе под надслова „Безшевно предсказване на земната система от минути до месеци“.

И така, в началото на това десетилетие имаме нови концепции, бурно растящо търсене за все по-точни и надеждни прогнози (общи и специализирани), също така бурно навлизане на нови технологии във всички елементи на стойностната верига, нови участници в общността и, не на последно място, нови инвестиции за развитие, включително „рисков капитал“, с очаквания за висока възвращаемост. Един генеричен проблем обаче е неравномерното разпределение на всички тези дадености по страни и региони, водещо до значими различия в достъпа до и в степента на използване на ИОВВК-продукти и услуги, а оттам – и дефицит на ползите за обществото и икономиката. Това се отразява на капацитета на националните хидрометеорологични служби (НХМС) и свързани звена да предоставят *state-of-the-art* продукти и услуги на техните правителства, специални потребители и граждани. В същото време разширяващият се по

обем, компетентност и възможности частен сектор, с подчертани предимства в областта на ИТ иновациите, е способен да запълни съществуващи информационни ниши. Тази сложна картина се допълва от много различните регулации (национални и международни), определящи сферите на отговорност и компетентност, както и пазарните условия за опериране на различните играчи.

продължава в следващия брой

Литература

1. Abbe, C. 1901: The physical basis of long-range weather forecasts, *Monthly Weather Review*, 29(12):551–561.
2. BBC News, 2015: The birth of the weather forecast, <https://www.bbc.co.uk/news/magazine-32483678>.
3. Bauer, P., A. Thorpe and G. Brunet, 2015: The quiet revolution of numerical weather prediction. *Nature*, 525(7567):47–55.
4. Bauer, P., Peter D. Dueben, T. Hoefler, T. Quintino, T. C. Schulthess, N. P. Wedi, 2021: The digital revolution of Earth-system science. *Nature Computational Sciences* (forthcoming)
5. Benjamin, S.G., J.M. Brown, G. Brunet, P. Lynch, K. Saito and T.W. Schlatter, 2019: 100 years of progress in forecasting and NWP applications. *Meteorological Monographs*, 59(1):13.1–13.67.
6. Bjerknes, V., 1904: Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik. *Meteorologische Zeitschrift*, 21:1–7.
7. Cassidy, D.C., 1985: *Meteorology in Mannheim: The Palatine Meteorological Society, 1780-1795*; Sudhoffs Archiv, Band 69, Heft 1 (1985); ©Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH, Stuttgart
8. IPCC, 2022: 6th Assessment Report, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Summary for Policy-makers.
9. Lynch, P., 2006: Margules's tendency equation and Richardson's forecast. *Weather*, 58: 186 - 193.
10. Murphy, A., 1993: What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting. *Weather and Forecasting*, 8(2):281–293.
11. Palmer, T.N. and B. Stevens, 2019: The scientific challenge of understanding and estimating climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(49):24390–24395.
12. Pudykiewicz, J. and G. Brunet, 2009: The first hundred years of numerical weather prediction. In: *Large-Scale Disasters: Prediction, Control, and Mitigation* (M. Gad-El-Hak, ed.). Cambridge, Cambridge University Press.
13. Red Cross EU Office, n.d.: Forecast based financing, <https://redcross.eu/projects/forecast-based-financing>.
14. Strømmen, K. and T.N. Palmer, 2019: Signal and noise in regime systems: A hypothesis on the predictability of the North Atlantic Oscillation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 145:147–163.
15. Sutton, R.T., 2019: Climate science needs to take risk assessment much more seriously. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100:1637–1642.
16. Suwa, M., A.-M. Bogdanova, S. Grünigen, D. Kull, C. Ramshorn and T. Frei, 2019: The Power of Partnership Public and Private Engagement in Hydromet Services: Public and Private Engagement in Hydromet Services. Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank.
17. World Meteorological Organization, 2015: *Seamless Prediction of the Earth System: From Minutes*

- to Months (WMO-No. 1156). Geneva.
18. World Meteorological Organization, 2019a: Report of High-level Round Table (5–6 June 2019, Palexpo, Geneva): Open Consultative Platform, Partnership and Innovation for the Next Generation of Weather and Climate Intelligence. Geneva.
 19. World Meteorological Organization, 2019b: WMO Strategic Plan 2020–2023 (WMO-No. 1225). Geneva.
 20. World Meteorological Organization, 2015: WMO Guidelines on Multi-Hazard Impact-based Forecast and Warning Services (WMO-No. 1150). Geneva.
 21. World Meteorological Organization, 2021: WMO Open Consultative Platform White Paper #1 - Future of weather and climate forecasting (WMO-No. 1263). Geneva.

THE FUTURE OF WEATHER AND CLIMATE FORECASTS

Dimitar Ivanov

There has been steady improvement of the quality of the weather forecast and climate projections over the last decades. This has been due to the improvements of the numerical models towards a more realistic representation of the atmospheric processes and their coupling with the processes in the oceans and other elements of the Earth system. The advancements in information technology and the utilization of more and more powerful computer systems by the lead forecasting centres also stimulated the progress in numerical modeling and forecasting, which in turn, helped in the production of more accurate and user-oriented forecasting products and services by the operational forecasting centres in all countries.

Based on that success, the article presents a vision for the future advancements in the field of weather and climate forecasting in the 2030s. The objective is to highlight observed trends, as well as expected challenges and opportunities which will determine the expected improvements in both numerical modelling and the operational forecasting. The article is widely based on the White Paper, entitled „Future of Weather and Climate Forecasting“ published by the World Meteorological Organization (WMO) in 2021 and provides an opportunity for the Bulgarian audience to familiarize with the global trends and plans which could be downscaled to the local circumstances to enable a rapid progress in the weather and climate services in the country.

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.

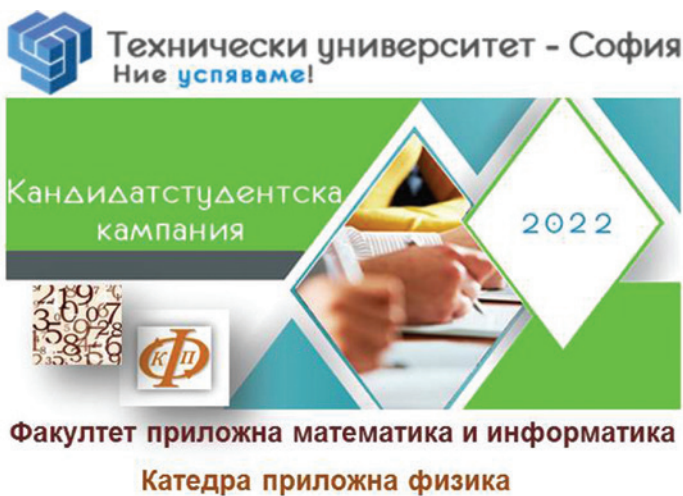


Специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“ има за цел подготвянето на специалисти, които да са свързващо звено между фундаменталните знания, научните разработки, компютърното моделиране и симулации и индустриалните им приложения. Такива специалисти имат важна роля в прилагането на иновации 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-физики от специалност „Приложна физика и компютърно моделиране“ са подготвени да се реализират като конструктори, специалисти по проектиране, разработване и експлоатация на продукти във високотехнологични компании в областта на оптичните технологии, фотониката, лазерната техника, 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.



Технически университет - София
Ние успяваме!

Кандидатстудентска
кампания

2022

Факултет приложна математика и информатика
Катедра приложна физика

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

ЗА ТЕРМОЯДРЕНИТЕ РЕАКТОРИ И ЩЕ СТАНАТ ЛИ ТЕ РЕАЛНОСТ?

Ана Георгиева, Бойко Георгиев

Направен е кратък обзор на същността на ядрения синтез и термоядрения реактор, както и на съществуващите международни, национални и частни проекти на експериментални установки за изследвания и проектиране в тази област. Интересът към тези проекти е предизвикан от надеждата, че те могат да помогнат за решаването на енергийната криза на Земята.

С глобалното затопляне, причинено от нашата зависимост от въглеродородни горива, светът се нуждае от устойчиви източници на алтернативна енергия. Ако не ги намерим, за милиони хора бъдещето може да бъде много мрачно: липса на вода и храна, което ще доведе до глад и война. Термоядреният синтез отдавна се смята за потенциален отговор на тези предизвикателства. Но той винаги е бил нещо „на 30 години от нас“, както се шегува индустрията [1]. Термоядреният синтез е сливането на атомни ядра, в резултат на което се освобождава енергия, която може да помогне за решаването на енергийната криза. Това е същият процес, който се извършва вътре в Слънцето, той е чист и относително безопасен. Няма никакви извънредни излъчвания.

Какво е термоядрена реакция и термоядрен реактор?

Както всеки процес с освобождаване на енергия, термоядреният синтез трябва да бъде контролиран [2]. Синтезът е процес, който включва смесване на два или повече компонента, за да се получи трети. Например в химията, за да получите вода, трябва да смесите кислород и водород и се отделя много енергия – при доста широк диапазон от условия този процес може да завърши с експлозия. Но ако контролирате процеса на горене на водорода, тогава можете да постигнете стабилна факла, която непрекъснато отделя топлина. Същото се случва и при сливането на атомни ядра.

За да се осъществи този процес при термоядрения синтез, трябва да бъдат изпълнени две важни условия. Първото е да се изчисти атома от „кожата“ си – електроните, а второто е да се постигнат температури и плътности, при които ядрата могат да се сблъскват едно с друго независимо от електростатичното отблъскване. При достигане на тези изисквания може да се задейства процесът на сливане на ядра, който, подобно на реакцията на водорода с кислорода, ще произвежда енергия – само че в много по-големи количества.

Най-напред трябва да се оценят температурите, при които може да се случи ядрен синтез. За този анализ може да се използва проста система, в която

ядрата на деутерий и тритий (водородни изотопи – първият има един протон и един неутрон в ядрото, вторият има един протон и два неутрона) се сблъскват. Всяко от тях носи положителен заряд, равен на заряда на 1 протон. За да се случи сливането на ядрата, е необходимо те да се доближат на разстояние от порядъка на размера на ядрото – в такава ситуация електростатичното отблъскване (еднаквите заряди се отблъскват) между тях ще бъде по-слабо, отколкото силното взаимодействие, което има тенденция към сливане на ядрата. Затова, за да сближим две частици, трябва да извършим работа срещу електричните сили.

След като се направят необходимите пресмятания, се получава, че за да започне термоядрен синтез за поне половината от плазмените атоми, неговата температура трябва да достигне около милиард келвина. Всъщност температурата, необходима за стартиране на такъв термоядрен синтез, е малко по-ниска – с около порядък. Това се дължи на факта, че за започване на реакцията е достатъчно относително малък процент частици (по-малко от половината) да достигнат необходимата енергия, тъй като в газовете скоростите на частиците не са равни една на друга – някои от тях могат да имат скорост по-голяма от средната, други – по-малка.

Трябва да се има предвид още един важен момент: термоядрен синтез на Слънцето се случва при температури, много по-ниски от стотици милиони градуси – например температурата на ядрото на Слънцето се оценява на 13,5 млн. келвина. Но при звездите механизмът на реакцията е малко по-различен, по-специално включва тунелиране на ядрата през кулоновата бариера. Освен това, ако енергията на половината от частиците в плазмения облак отговаря на енергията на термоядрена реакция, тогава самият синтез ще се случи почти мигновено.

В реакторите други параметри, свързани със състоянието на материята, също играят роля. По-специално това са времето за задържане на плазмата и концентрацията на частици в нея. Произведението на тези параметри, известно като критерий на Лоусън [3], трябва да надвишава определена, доста голяма критична стойност, за да се поддържа реакцията на синтез. От тези изчисления се появява елементарно следствие: един от основните проблеми на термоядрения синтез е нагряването на вещество до толкова високи температури и задържането му. В този случай атомите напълно губят електронните си обвивки и веществото преминава в състояние на плазма, състояща се само от заредени частици. Благодарение на това свойство физиците са се научили да го държат в специални устройства – токамади, разработени от съветските физици Игор Там и Андрей Сахаров.

Какво е токамак?

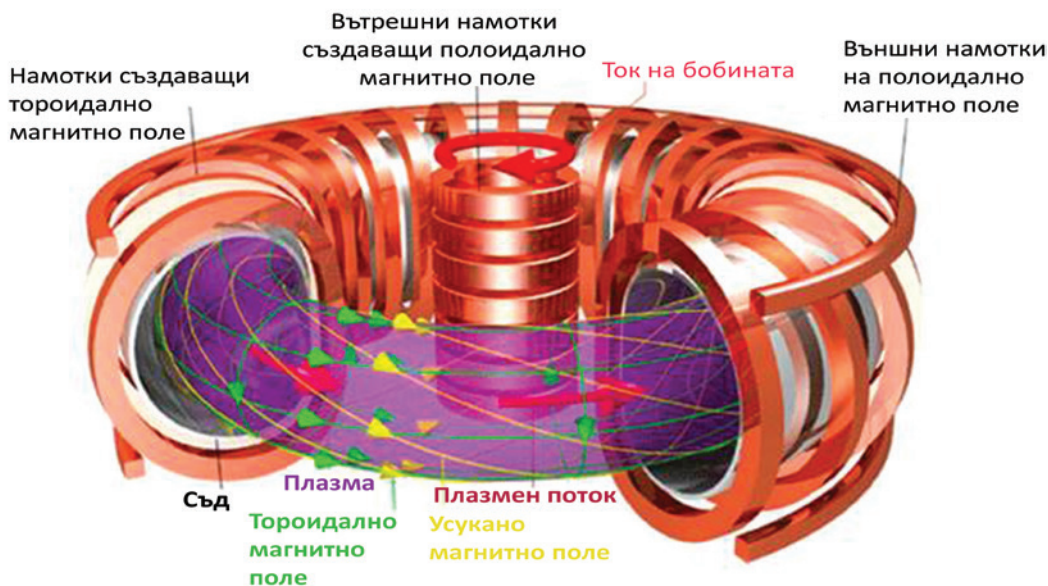
Токамаците са като огромни кухи понички, заобиколени от голям брой електромагнити. Всеки допринася за нагряването и задържането на плазмата – например централният соленоид (по същество индуктор) изпълнява функцията на първичната намотка на трансформатора. Когато в него се появи променлив ток, това предизвиква ток в плазмения пръстен – нагряването възниква поради електрически загуби. По абсолютно същия начин, при преминаване на променлив ток от една намотка към друга с различен брой навивки, напрежението се повишава или спада в трансформаторите. Други намотки – намотката на тороидалната вакуумна камера на токамака и външната намотка (обвива се около камерата като велосипедна гума), са необходими за контролиране на задържащото магнитно поле (Фигура 1).

Международен проект ITER

ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), което освен това означава „път“ на латински, е международен мегапроект за изследвания и инженеринг на ядрения синтез, насочен към възпроизвеждане на процесите на синтез на Слънцето за създаване на енергия на Земята. Хиляди инженери и учени са допринесли за проектирането на ITER [4], откакто идеята за международен съвместен експеримент в термоядрения синтез бе лансирана за първи път през 1985 г. Членовете на ITER – Китай, Европейският съюз, Индия, Япония, Корея, Русия и Съединените щати – сега са ангажирани в 35-годишно сътрудничество за изграждане и експлоатация на експерименталното устройство и заедно да доведат синтеза до точката, в която може да бъде проектиран демонстрационен термоядрен реактор. ITER ще работи на принципа на токамак. Той ще създаде деутерий-тритиева плазма – началото на реакция, която е възможна при температури от порядъка на стотици млн. келвина. В реакцията ядрата на деутерия и трития се сливат като образуват алфа-частица, излъчвайки „допълнителен“ неутрон и освобождавайки енергия около 17,6 MeV (около $2,8 \times 10^{-12}$ J). Тази стойност може да се сравни с топлината от реакцията на горене на водород: когато се изгорят два грама газ, ще се отделят около 200 – 250 kJ топлина. Същите два грама реагирал деутерий ще съответстват на приблизително 1 600 000 000 kJ топлина.

Задачата на ITER е да демонстрира възможността за комерсиално използване на реакцията на термоядрен синтез и да реши физичните и технологичните проблеми, които могат да се срещнат по пътя. Проектът се разработва от средата на 80-те години на миналия век, като се е планирало строителството да бъде завършено през 2016 г. Строителството е започнало през 2010 г. През лятото на

2020 г. започна монтажът на реактора. Датата на завършване е предвидена за 2025 г. Съоръженията на ITER са разположени на 180 хектара земя в община *Saint-Paul-les-Durance* (Прованс-Алпи-Лазурен бряг), която вече е дом на френския център за ядрени изследвания CEA (*Commissariat à l'énergie atomique*, Комисариат по атомна енергия).



Фигура 1. Схема на термоядрен реактор

Корпусът на работната зона на реактора, в който ще се съхранява плазма, нагрята до 150 млн. келвина, е разделен на 9 сектора. Пет сектора бяха произведени в ЕС, а четири бяха възложени за производство на Южна Корея, което е материалният принос на страната към проекта ITER. Всеки сектор е разположен вертикално с помощта на подходящо оборудване, след което съседните сектори се заваряват един към друг. В Русия се произвеждат редица съоръжения за работната камера, чиито доставки вече се извършват на площадката на ITER. В Индия се произвеждат плочи за вътрешната облицовка на активната зона на реактора за защита от високотемпературна плазма. Цялата работа се координира, въпреки че всички страни вече изостават. Първият сектор на двустенната камера започна да се произвежда в Южна Корея през 2012 г. Той беше прехвърлен в ITER през 2020 г. Толкова дълъг производствен цикъл наложи да започне успоредно производството на останалите реакторни сектори, поръчани в Корея. Сега остава в експлоатация да влезе последният сектор, чието производство е завършено на 90%. Може да се очаква, че тази последна част

от корпуса на активната зона на реактора ще бъде произведена и доставена на площадката на ITER преди края на тази година, с което би трябвало да завърши монтажа на работната зона на реактора.

Китайското изкуствено слънце

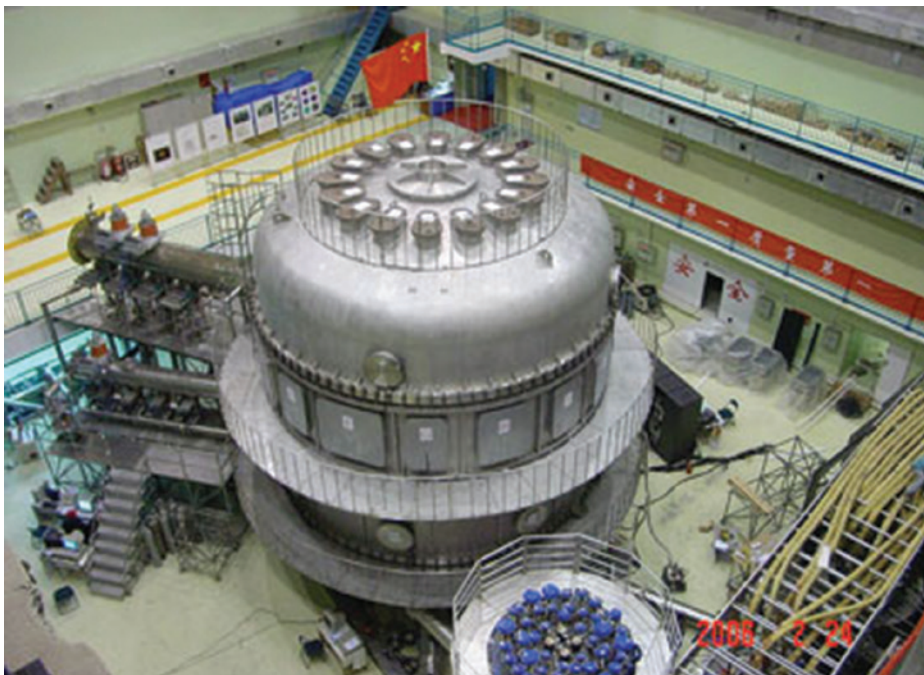
Важна роля в проекта на международния термоядрен реактор ITER играе приносът на Китай чрез токамак EAST (*Experimental Advanced Superconducting Tokamak*), на който на 28 май миналата година, беше поставен нов **световен рекорд** за време на удържане на гореща плазма в магнитно поле. Както съобщи Агенция Синхуа, китайските физици работещи на EAST [5] успяха да удържат плазма нагрята до 120 млн. °C в продължение на 101 секунди, а плазма нагрята до 160 млн. °C – в течение на 20 секунди, което е ключова стъпка към експерименталното изпробване на действието на термоядрен реактор. Разбира се, данните, получени в Китай в хода на работата, могат да помогнат за увеличаване на времето за удържане и температурата на плазмата и в ITER.

Този важен резултат беше постигнат от изследователи в Института по физика на плазмата на Китайската академия на науките (ASIPP), който провежда експеримента в Хефей, столицата на източно китайската провинция Анхуей.

Около 300 учени и инженери са мобилизирани, за да подкрепят работата на експерименталното съоръжение с формата на поничка (тороид). Работата по подготовката и надграждането на експеримента е започнала преди около година, съобщават от института. Крайната цел на EAST е да създаде ядрен синтез като Слънцето, използвайки деутерий, който се намира в изобилие в морето, за да осигури постоянен поток от чиста енергия. Изчислено е, че деутерият в един литър морска вода може да произведе чрез реакция на синтез количество енергия, еквивалентно на 300 l бензин. За разлика от изкопаемите горива като въглища, петрол и природен газ, които са застрашени от изчерпване и представляват заплаха за околната среда, суровините, необходими за „изкуственото слънце“, са почти в неограничено количество на земята.

EAST (Фигура 2) е една от малкото термоядрени установки в света, които имат напълно свръхпроводяща магнитна система, направена от ниобиево-титанови проводници. На токамака се провеждат изследвания в областта на термоядрения синтез, конкретно по възможността за продължително удържане (няколкостотин секунди) на високотемпературна плазма в магнитно поле, отработва се методика за неиндукционно нагряване на плазмата, диагностика и контрол на видовете плазмена неустойчивост. Разработват се също и материали за обърнатите към плазмата компоненти, такива като дивертора и първата стена на токамака. Големият радиус на вакуумната камера на токамака е 1,7 m, а малкият – 0,4 m. Вътрешната облицовка е направена изцяло от метал, а долу

в камерата е инсталиран охлаждаан от вода волфрамов дивертор. За поддържане на тока в плазмата се използват вакуумна система, система за радиочестотни вълни, система за лазерно разсейване и микровълнова система, а максималната стойност на тороидалното магнитно поле е 3,5 Т.



Фигура 2. Термоядрената установка EAST

EAST работи от 2006 г. и за това време поставя няколко рекорда по продължителност на удържане на все по-гореща плазма. През ноември 2018 г. EAST генерира електронна температура от 100 млн. градуса по Целзий в плазмата на ядрото си, почти седем пъти по-висока от температурата на вътрешността на Слънцето. Миналата година EAST постигна плазмена температура от 100 млн. градуса по Целзий за 20 секунди.

EAST също така трябва да помогне на учените в разработването на проект за китайския експериментален термоядрен реактор CFETR (*The Chinese Fusion Engineering Test Reactor*), който използва магнитно поле за да ограничи плазмата и да генерира енергия.

Въпреки факта, че получените резултати се превърнаха в нов рекорд, те все още не достигат параметрите, необходими за работата на индустриален термоядрен реактор на токамак. По-специално, в проекта ITER изследователите възнамеряват да задържат плазмата, нагрята до температура от 150 млн. °C за 400 секунди. Независимо от това, данните, получени по време на работата,

трябва да помогнат за увеличаване на времето за задържане и температурата на плазмата в бъдеще.

Националното съоръжение за запалване NIFF – финансирано от американския бюджет

Токамаците обаче отразяват само подход, при който се приема, че генерирането на енергия е относително постоянно. Има и друг голям проект – NIFF (*National Laser Fusion Facility*) [6], който прилага импулсен подход към синтеза. Загряването на сместа деутерий-третий тук се осъществява благодарение на 192 лазера с обща мощност $0,5 \cdot 10^{15}$ W. Лазерите излъчват кратък импулс с продължителност само пикосекунда, който се насочва вътре в златния *hohlraum* – кух цилиндър, съдържащ ампула от сместа вътре. В резултат на това има рязко изпаряване и нагряване на плазмата, по време на което реакцията има време да се извърши. Миналата година NIFF успя да получи повече енергия от изгарянето на горивото, отколкото изразходва за отопление. Научният свят веднага забеляза, когато на 8 август 2021 г. Националното съоръжение за запалване (NIFF) изстреля лазерен импулс, с който се доближи до постигане на запалване на ядрен синтез с инерционно ограничаване (ICF).

Приносът на частни компании при решаването на техническите проблеми на термоядрения синтез

Причината частните компании да се интересуват от решаването на такъв тежък инженерен проблем е в надеждата, че работата по големите международни и национални проекти е довела до решаването на основните научноизследователски проблеми, които се състоят главно в това, че ядреният синтез на деутерий и третий под огромно налягане изисква огромни количества енергия – повече, отколкото можем да извлечем от реакцията до този момент. Смятало се е, че е невъзможно да се достигне моментът на „енергийна печалба“, когато можем да получим повече енергия от синтеза, отколкото е необходимо да изразходваме за него. Сега учените считат, че основните научни въпроси са вече разрешени, а проблемите са технически. Основният проблем е как да се изгради достатъчно здрава обвивка за реактора, така че да може да съдържа системите за отстраняване на топлинна енергия, които трябва да издържат на нива на температура и претоварване, подобни на това, което изпитва космическият кораб, когато се връща в орбита. Стартиращите предприятия (стартъпи) за синтез искат да направят синтеза комерсиално жизнеспособен през следващите пет години. В статията ще представим някои от тези компании.

- TAE Technologies

Стартъпът, който ще представим първи, е много потайна компания, която до 2015 г. няма собствен уебсайт. Компанията [7] е възникнала през 1997 г., като за първите 4 години от съществуването си разработчиците не разкриват подробности за устройството на реактора. Въпреки това, изследователският екип, разработващ термоядрен реактор, започна да публикува своите открития в научни списания, като през 2002 г. в списанието *Physics of Plasmas* е публикувана първата статия [8] от цикъл, описващ равновесието във въртящ се плазмен облак.

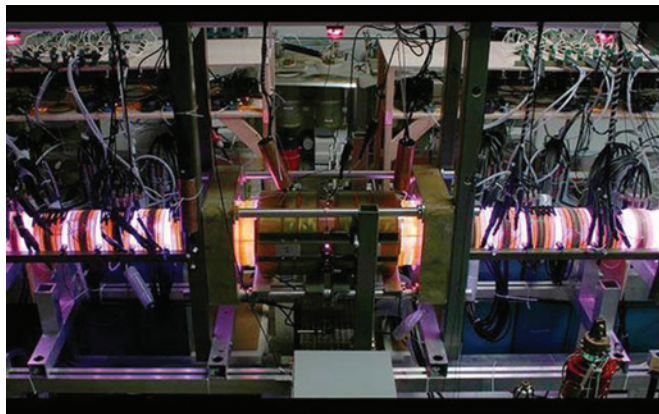
За разлика от токамака, дизайнът на реактора, предложен от *TAE Technologies* (*Tri Alpha Energy*), е удължен, състоящ се от два плазмени източника и специални устройства за инжектиране на частици. Облаци от плазма, подобни на димни кръгчета, се сблъскват вътре в реактора със скорост от млн. километри в час, самостоятелно формирайки удължена тороидална структура, наподобяваща пура. В допълнение, към външните електромагнити за осигуряване на стабилност на плазмената структура се използват източници на неутрални частици, които се инжектират тангенциално към облака. Частиците стабилизират облака, като се движат около тора по широки орбити.

Устройството работи с плазма от водород и бор-11, което значително отличава този проект от повечето съществуващи. За разлика от реакцията между деутерий и тритий, сливането на протон и бор, както и последващото разпадане на нестабилни частици, не води до излъчване на неутрони. Това е изключително важно, тъй като неутроните могат да причинят индуцирана радиация в стените на реактора, което води до бързо стареене на материалите и като цяло може да ги направят по-бързо неизползваем. Недостатъкът при избора на такова гориво е високата температура на запалване, но към днешна дата инсталацията е в състояние да създава облаци с температура от 10 млн. келвина, които са стабилни до 5 милисекунди. В бъдеще инженерите планират да подобрят това постижение с порядък, като го доведат до стойността от 100 млн. келвина след реконструкция през следващата година.

Сред инвеститорите на компанията са рисковият фонд *Venrock Associates*, както и *Goldman Sachs*. Очаква се общата инвестиция да надхвърли 140 милиона долара. Между другото, бордът на директорите на тази компания е интересен. В него влизат бившият астронавт Бъз Олдрин, журналистът Франк Браун и председателят на борда на РОСНАНО Анатолий Чубайс.

- Helion Energy

Пряк конкурент на TAE Technologies е американският стартап *Helion Energy* [9], който внедрява подобна технология, но със смес от деутерий и хелий-3. В разработеното



Фигура 3. Изглед от устройството на *Helion Energy*

от компанията устройство подобни сблъсъци възникват между плазмени облаци, но в точката на контакта им се упражнява допълнителен компресиращ ефект върху плазмата с помощта на мощни магнити.

Компанията е постигнала много по-голям успех в загряването на плазмата – разработчиците са задържали плазмата при

температура от 50 млн. келвина за една милисекунда. Интересно е да се отбележи, че *Helion Energy* няма за цел да създаде възможно най-голямата инсталация. Вместо това инженерите залагат на мобилен реактор, който според тях трябва да бъде сравним с пристанищен контейнер. Планираната мощност е 50 MW. Стартътът получава финансиране от НАСА и също така събира около 1,5 млн. долара от частния сектор.

- General Fusion

Канадската компания General Fusion е решила да подходи към въпроса за плазмената компресия и нагряване от различна, по-механична страна. Изгражданият от компанията реактор се състои от сфера, в която непрекъснато се въртят няколко кубически метра разтопено олово. Освен това към самата сфера са свързани до сто парни чука, които синхронно удрят стопилката. В същото време във въртящото се олово е разположен малък жлеб, където се въвежда смес от деутерий и тритий, вече предварително загрята до почти два млн. келвина. В резултат на рязко компресиране се получава микроексплозия, отделяща повече от 700 MJ топлина. Разработчиците предполагат, че подобни експлозии ще се повтарят на всеки две секунди. Предвижда се инсталацията да достигне температури над 6 млн. келвина, стартирането на термоядрена реакция ще бъде придружено от много висока плътност на плазмата. Компанията се финансира от рисковия фонд *Chrysalix Energy*, както и от правителствата

на Канада и Малайзия.

- Lockheed Martin

Известната компания *Lockheed Martin* [10], която се занимава с разработки в областта на авиацията и ракетната наука, и получава огромен брой поръчки от Министерството на отбраната на САЩ, също се включи в надпреварата за внедряване на контролиран термоядрен синтез. Компанията не разкрива всички подробности за устройството на реактора, но е известно, че подобно на устройството на *Helion Energy*, то ще бъде достатъчно компактно, за да се побере в транспортен контейнер. Според ръководителя на проекта, реакторът използва техниката за ограничаване на плазмата с магнитно огледало. Той позволява на заредените частици да се отразяват от областите на силни полета към области на слаби. Плазменият облак в този случай има формата на тор. Съществуващото изпитателно съоръжение е около два метра дължина и един метър широк. Работи на смес от деутерий-тритий. Компанията се надява да успее да построи реактора през следващите пет години, като се очаква капацитет от около 100 MW.

- Lawrenceville Plasma Physics

И накрая ще споменем компанията *Lawrenceville Plasma Physics* (LPP), също базирана в САЩ. Любопитно е да се отбележи, че Лабораторията за реактивно движение на НАСА стана първият ѝ инвеститор, а част от парите компанията събра чрез дарения. Подобно на *TAE Technologies*, LPP разработва реактор, който работи със смес от бор-11 и водород. Авторите на разработката се опитват да постигнат фокусиране на плазмата с помощта на два цилиндрични електрода, разположени един в друг. Към тези електроди се прилага разрядният ток на кондензаторни батерии, което води до образуване на електрическа дъга. Електрически ток превръща околния газ в плазма, вътре в която възникват отделни нишки, които след това се сливат в едно в точката на фокусиране. В резултат на това, според проектантите, се образува плазмоид – силно компресирана плазма, в която може да започне термоядрен синтез. Тази технология е критикувана от научната общност поради това, че не се различава от съществуващите устройства за фокусиране на плазма, в които не са наблюдавани реакции на синтез.

Други проекти, като устройството *Lokheed*, също са критикувани. Един от аргументите на критиците е необходимостта от поставяне на свръхпроводящи магнити близо до плазмата, тъй като много ограничен набор от материали могат да издържат на неутронното бомбардиране, причинено от реакцията. Физиците посочват и липсата на подробни чертежи на планираните реактори,

така че е доста трудно да се оцени неговият реализъм. Както във всички области на знанието, термоядреният синтез има свои собствени „псевдоучени“, които насърчават разработки, които не са подкрепени от научно познание. Известен пример е катализаторът на Роси, който „позволява“ да се получи енергия от студен синтез, при който протон и никелов атом взаимодействат, за да образуват меден атом. Такава реакция изисква температури от най-малко 20 млрд. келвина (това е лесно да се провери, като се направи изчисление), но Андреа Роси твърди, че неговият катализатор понижава температурата до хиляда келвина. Досега този резултат не е възпроизведен от независима група учени, така че е невъзможно да се говори за този катализатор като за реално физическо явление.

В същото време идеята за катализа изглежда много привлекателна, тъй като има огромен брой вещества, които могат да ускорят хода на химичните реакции. Така например литиевите соли катализират изгарянето на захарта, а амонякът, който не взаимодейства с кислорода в доста широк температурен диапазон, изгаря, когато се постави върху нажежен платинен проводник. Учените знаят пример за такъв катализатор за термоядрени реакции – мюони [11]. Това са елементарни частици, които са тежки аналози на електроните. Те са в състояние да „залепват“ ядрата заедно, намалявайки бариерата на електростатичното отблъскване – с тяхно участие термоядреният синтез изисква много по-ниски температури, от порядъка на 30 млн. келвина. Мюонът, подобно на химическите катализатори, е в състояние след като участва в една реакция, да помогне на следващата и т.н. Максималният наблюдаван брой реакции, задействани последователно от един мюон, е около сто. Това обаче е основният проблем на мюонната катализа – за създаването на един мюон е необходима много повече енергия, отколкото се отделя в процеса на ядрени реакции. Въпреки това, ако един мюон може да започне около 10 хиляди реакции, тогава тази бариера ще бъде надмината.

Наличието на стартиращи предприятия, участващи в контролиран ядрен синтез, позволява тестването едновременно на голям брой подходи към този процес. Но в същото време финансирането на частни проекти обикновено не е сравнимо с финансирането на големи международни експерименти. Например бюджетът на ITER надхвърля 20 млрд. долара, а повечето стартиращи фирми в прегледа очакват инвестиции до 100 – 200 млн. долара.

Но мащабът на плановете за частни компании е космически. Например *TAE Technologies* възнамерява да използва своите реактори в космически кораби за да осигури тяга: алфа-частиците, излъчени от реактора, носят голяма инерция и могат да служат като работен флуид, подобно на катионите на инертния газ в йонните двигатели.

В крайна сметка, всички участници в тези разработки изглежда са съгласни,

че работата в националните и международните научни институции и частния сектор се допълват. „В края на деня ние споделяме обща мечта за генерирано от термоядрен синтез електричество, като неразделна част от бъдещето на чистата енергия“, казва говорителят на ITER.

Литература

1. Ема Уулкот, Бизнес кореспондент на BBC, <https://www.bbc.com/russian/features-46318356>
2. Владимир Королёв <https://nplus1.ru/material/2015/09/01/private-nuclear-fusion>
3. J. D. Lawson 1957 Proc. Phys. Soc. B 70 6
4. <https://www.iter.org/>
5. http://www.xinhuanet.com/english/2021-05/28/c_139975997.htm
6. <https://nplus1.ru/material/2015/09/01/private-nuclear-fusion>
7. https://en.wikipedia.org/wiki/TAE_Technologies
8. Norman Rostoker and Artan Qerushi, Physics of Plasmas 9, 3057 (2002); <https://doi.org/10.1063/1.1475683>
9. <https://www.helionenergy.com/>
10. <https://www.lockheedmartin.com/>
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Muon-catalyzed_fusion
https://ru.wikipedia.org/wiki/Мюонный_катализ

ABOUT THE THERMONUCLEAR REACTORS AND WILL THEY BECOME A REALITY?

Ana Georgieva, Boyko Georgiev

A brief overview of the nature of nuclear fusion and thermonuclear reactors, as well as existing international, national and private projects of experimental plants for research and engineering in this field, is presented. The interest in these projects is driven by the hope that they can help solve the energy crisis on Earth.

ХАРЕСАЙТЕ СТРАНИЦАТА НА СПИСАНИЕТО ВЪВ FACEBOOK
<https://www.facebook.com/world.of.physics.bg/>

УДОСТОЯВАНЕ НА ПРОФ. Д.ФЗ.Н. ЕВГЕНИЯ ВЪЛЧЕВА И ПРОФ. Д.ФЗ.Н. РУМЕН ЦЕНОВ С ПОЧЕТНИЯ ЗНАК „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ СЪС СИНЯ ЛЕНТА

На 30.03.2022 г. на заседание на Академичния съвет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ проф. д.фз.н. Евгения Вълчева и проф. д.фз.н. Румен Ценов от Физическия факултет на нашата Алма Матер бяха удостоени с Почетния знак „Св. Климент Охридски“ със синя лента. Отличието им бе връчено от заместник-ректора на Софийския университет доц. д-р Георги Вълчев за цялостната им преподавателска, научна и административна дейност.

При удостояването ѝ с Почетния знак „Св. Климент Охридски“ със синя лента, проф. д.фз.н. Евгения Вълчева заяви, че наградата ѝ е много скъпа, тъй като идва като оценка в края на един много дълъг път, свързан със Софийския университет и неговия Физически факултет. Тя изказа своята благодарност към колегите си от катедра „Физика на кондензираната материя и микроелектроника“, Факултета, академичното ръководство на Алма матер и на всички колеги, с които е извървяла този път и са я подкрепяли през годините.



Проф. Вълчева е преподавател с повече от 37 години стаж във Физическия факултет на Софийския университет. От 1983 г. постъпва в катедра „Физика на твърдото тяло“, сега „Физика на кондензираната материя и микроелектроника“. Преподавателската дейност на проф. д.фз.н. Евгения Вълчева се характеризира с голямо разнообразие, изразено в подготовката на лекции по редица дисциплини по модерни

направления във физиката на кондензираната материя – от общофизически до високоспециализирани курсове за магистри с физическо образование и интердисциплинарни интереси – Физика на кондензираната материя, Физика на твърдото тяло, Твърдотелни технологии в микроелектрониката в бакалавърска степен на обучение, както и Аналитични методи за изследване на материали и структури в микроелектрониката и Принципи и основни операции на планарните технологии в магистърската програма „Микроелектроника и информационни технологии“. През периода 2009 – 2015 г. е ръководител на тази магистърска програма. Била е ръководител на 32 дипломанти и 3 докторанти.

Проф. Вълчева притежава научната степен „доктор на науките“ по специалност „Физически науки“ (физика на твърдото тяло). Тя е утвърден учен и дългогодишен участник в национални и международни научни проекти в областта на физиката на материалите. Получените резултати са от несъмнен интерес и полза за обществото на опто- и микроелектрониките, свидетелство за които са и многобройните цитати. Научните трудове и техният отзвук в научната литература я характеризират като изтъкнат български учен с международна известност. Общият списък на научните ѝ трудове включва 125 публикации (според *Scopus*) в реферирани международни списания с импакт фактор, от които 2 глави от книги, обзор в реномирано издание, участие в множество научни форуми. 12-те публикации (в 5 от тях е първи автор), които проф. Вълчева е разработила в съавторство с нобеловите лауреати по физика за 2014 г. *Hiroshi Amano* и *Isamu Akasaki*, е силен атестат за нейната ерудиция и интуиция при избора на научна тематика и получаване на резултати на върхово ниво. Изследванията са върху системата нитриди – полупроводникови материали като GaN, AlN, InN и техни тройни съединения (GaAlN, GaInN) и квантоворазмерни структури на тяхна основа – квантови ями и свръхрешетки. На основата на тези материали и структури се произведоха първите диоди и лазери, излъчващи синя светлина. Те пък, от своя страна, позволиха конструирането и навлизането в масово производство и в нашето ежедневие на LED осветлението.

Трябва да отбележим една интензивна и ползотворна дейност в приоритетни области на проектното финансиране на научноизследователската ѝ дейност. Освен големия брой научни проекти, финансирани от Фонд „Научни изследвания“ на Министерството на образованието и науката и НФ на Софийския университет, проф. Вълчева е участвала в европейски изследователски проекти, финансирани от Рамковите програми (FP5, FP7), „Хоризонт 2020“, COST. Ръководила е 4 международни проекта с DAAD (*Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig*, Германия) и PAI-RILA (с CIMAP, CNRS-ENSICAEN, Caen, Франция). Провела е редица специализации и гостувания по покана в чуждестранни университети, сред тях – Университета Глазгоу, Университета на Варшава и Университета Линшопинг, Швеция. Понастоящем работи в Центъра за върхови постижения „Мехатроника и чисти технологии“. С получените средства се обогатява с ново поколение апаратура материалната база на ръководената дълги години от проф. Вълчева Лаборатория по електронни и фононни свойства на твърдите тела.

Следва да и отбележим широката активност на проф. Вълчева на попрището на обществените прояви, свързани с физиката, като участие в Управителни съвети и комисии, председателство на Национални конференции и т. н. Тази

благородна дейност, която ние често пренебрегваме заради времето и усилията, които изисква извън професионалните задължения, и най-вече фактът, че тя е насочена и към въпросите на обучението по физика, заслужава признание.

Проф. Вълчева е дългогодишен член на Управителния съвет на Съюза на физиците в България, като от 2020 г. е негов заместник-председател. Участва активно в организацията на ежегодната Национална конференция по обучението по физика на СФБ. От 2020 г. е ръководител на експертна комисия към НАОА.

Административната дейност на проф. Вълчева във Физическия факултет е много широка. Била е зам.-декан по учебната дейност ОКС „Магистър“ (2015 – 2019), ръководител на катедра „Физика на твърдото тяло и микроелектроника (2015 – 2019), член на Факултетния съвет (2011 – 2019 г.), съпредседател на Учебния съвет на Физическия факултет (2015 – 2019), член на Учебна комисия в Софийския университет (2015 – 2019), член на Атестационната комисия (2012 – 2019).

След като бе удостоен с Почетния знак „Св. Климент Охридски“ със синя лента, **проф. д.фз.н. Румен Ценов** заяви, че е щастлив да получи това изключително ценно за него отличие и благодари на катедрата, Факултета и Университета, в които е работил от 1 май 1981 г. до 1 март 2020 г.: „38 години и 10 месеца, които бяха за мен една действителна хубава част от моя живот. И ако някой си мисли, че след като се пенсионираш си по-малко ангажиран, не му вярвайте. Както и преди, така и сега, съм свързан с Университета с научната му работа и духовно с него“.



Проф. Ценов е дългогодишен преподавател и с повече от 37 години стаж в катедра „Атомна физика“. Роден е през 1955 г. През 1979 г. завършва физика в Софийския университет, Физически факултет. От 1979 г. до 1986 г. работи в Обединения институт за ядрени изследвания в г. Дубна, Московска област, Руска федерация – експериментална изследователска работа в областта на физиката на елементарните частици. Защитава дисертация и получава научна

степен „кандидат на физико-математическите науки“.

От 1986 г. и досега работи в Катедрата по атомна физика на Физическия факултет. Чел е курсове по Атомна и ядрена физика, Физика на елементарните частици, Симетрии на фундаменталните взаимодействия (създаден нов курс), Физика на атомното ядро и елементарните частици, Симетрии във физиката

на елементарните частици (създаден нов курс). Инициатор е за създаването на бакалавърска специалност *Nuclear and Particle Physics* на английски език. Ръководил е четирима докторанти и повече от десет дипломанти.

Притежава научната степен „доктор на физическите науки“ по специалност „Физика на високите енергии и елементарните частици“. Утвърден учен е и дългогодишен участник в големи международни научни колективи за изпълнение на научноизследователски проекти в областта на физиката на елементарните частици. Проф. Ценов работи по редица проекти, работил е продължително и като гост-изследовател в Научноизследователския център в Юлих, Германия и в Европейския център за ядрени изследвания (CERN), Женева, Швейцария.

Бил е формален ръководител на научни колективи по различни договори за извършване на научни изследвания. Има над 250 научни публикации с повече от 4000 цитирания. Индексът на Хирш е 35. Председател е на местния Организационен комитет за организирането на Европейската школа по физика на елементарните частици (проведена съвместно от CERN и ОИЯИ) през 2015 г. в град Банско.

Три мандата е бил председател на Общото събрание на Физическия факултет, бил е член на Факултетния съвет на Физическия факултет, на Академичния съвет на Софийския университет, на Консултативната комисия към Агенцията за ядрено регулиране за сътрудничество с Обединения институт за ядрени изследвания, Дубна, към пълномощния представител на България в този институт, на Комисията за сътрудничество с CERN към Министъра на образованието и науката, 2010 – 2015 г.

Проф. Ценов е един от създателите на изследователското направление по физика на елементарните частици във Физическия факултет. Създател е на групата по неутринна физика и с неговите висок професионализъм и отдаденост е допринесъл за утвърждаването на ръководената от него група на европейската и световната изследователска сцена. С неговия авторитет и изследователска дейност той има голям принос за участието на Физическия факултет в научните изследвания в ЦЕРН и ДУБНА. Проф. Ценов създаде школа в областта на неутринната физика, в която се подготвиха и започнаха своята работа редица изследователи.

Поздравяваме колегите проф. д.фз.н. Евгения Вълчева и проф. д.фз.н. Румен Ценов за заслуженото признание и им пожелаваме още дълги години активна творческа дейност, и лично щастие и удовлетворение. Честито отличие!

От Редколегията на „Светът на физиката“ и Управителния съвет на СФБ

Рубриката „35 под 35“ се осъществява с финансовата подкрепа на фондация „Еврика“



35 под 35: ВИКТОР ДАНЧЕВ



Виктор Данчев е възпитаник на гимназия в Червен бряг с разширено изучаване на английски език. Завършил е теоретична физика във Физическия факултет на Софийския университет (СУ). Понастоящем е редовен докторант във Физически факултет на СУ, където под ръководството на проф. Стойчо Язджиев работи над дисертационния си труд. В същото време Виктор е и технически директор в „Ендуросат“ – българска компания, разработваща малки сателити и целяща по-широко отваряне на бизнеса и образованието към Космоса.

СФ: Като начало да започнем с малко предистория. Как реши да се посветиш на физиката?

ВД: Започнах самостоятелно да изучавам физика – първо по-задълбочено математика в 10 клас и лека-полека преминах към физиката в 12 клас, т.е. обратния път на обикновения. Много отрано започнах да се занимавам с висша математика. В 12 клас вече изучавах диференциални уравнения. По това време вече бях изучил математическия анализ. Малко преди 12 клас видях, че диференциални уравнения се прилагат в орбиталната механика и започнах да чета повече по този въпрос. Това породило интереса ми към астрофизиката, поради което започнах да участвам и в олимпиадите по астрофизика. Така се запалих и по физиката.

СФ: По каква методика си учил математика? Какви учебници си използвал? ... или си използвал всичко каквото откъдето намериш?

ВД: Учебници взех от майка ми. Навремето тя е завършила по-финансово ориентирана математика в Русе и имала хубави учебници от нея – по линейна алгебра, аналитична геометрия, диференциално и интегрално смятане. Използвах и един онлайн учебник, който препоръчвам на всички като първо четиво – *Pauls Online Math Notes* на *Paul Dawkins* от *Lamar University*. Човекът е направил един огромен учебник, който е достъпен безплатно за всички. Там

няма толкова много доказателства, но има много примери и много практически упражнения, които ми помогнаха да прилагам знанията си. Освен това имах късмета моят учител по информационни технологии в Червен бряг – Петьо Николов, да ми подари учебниците по анализ и да ме насърчи, след като видя интересите ми.

СФ: Значи ти си се самоподготвял и след това си решил да следваш физика. Как реши да учиш физика всъщност?

ВД: Най-много се запалих между 11 и 12 клас, когато имах повече време да си поиграя с астрофизика и астрономия. Тогава започнах да прилагам знанията си по математика, приложението на математическия апарат, към реални задачи, като например това да опишеш как се движи един сателит, как се движи дадена планета около Слънцето. Това ми доставяше много по-голямо удоволствие, отколкото чисто математическата задача. Постепенно ме завладя и към средата на 12 клас бях сигурен, че искам да уча физика.

Всъщност първото приложение, което ме надъхна, бяха уравненията на Максвел. Те ми показаха връзката между математиката и физиката. Дотогава свързвах повърхнинните интеграли с красива геометрия. Видях, че математиката всъщност дава много красиви описания на физическия свят. Така че приложенията на математиката ме запалиха по физиката.

Не мога да кажа, че съм знаел всички тези теми задълбочено в 12 клас. Доста неща трябваше да науча след това. Но тогава познавах някои от приложенията на математическия апарат и имах много практически примери от онлайн курса, за който споменах. Това много ми помогна в университета, когато трябваше да изучаваме теорията по-задълбочено.

СФ: В тази връзка какви са отзивите ти за Университета? Все пак учи хората на нещо, което не могат сами да научат? :).

ВД: Отзивите ми за Университета са положителни, но ако трябва да съм напълно честен, те са положителни за конкретни преподаватели. Има преподаватели, които са ми дали страшно много – от свободното си време и много от това, което се очаква в Университета, но има и такива, които почти нищо не са ми дали. Като цяло, отзивите ми за Университета са много добри, но не са равномерно разпределени по преподаватели.

СФ: Това може би е нормално.

ВД: Да. Това навсякъде е така.

СФ: Добре! Ти си се самоподготвял в училище и идва моментът, в който трябва да избереш къде да продължиш образованието си. Как избра СУ? Кое беше нещото, което те подтикна да кандидатстваш в Университета и да го избереш пред всички останали? Може би за България това е естественият избор, но при положение, че сега сме част от Европейския съюз и сме много по-отворени

към света, кое те накара да останеш в България?

ВД: Тогава имаше доста възможности. Имах приятели, които познавах от олимпиадите. Те вече бяха преминали през този път. Някои от тях бяха ходили в чужбина. Някои бяха останали в България. Според информацията, която получавах от тях, изглежда няма голямо значение дали учиш в Университета или в чужбина, стига да се отнасяш сериозно към съответните дисциплини.

В момента до голяма степен споделям тяхното мнение, тъй като имам много приятели, които учат успоредно с мен на други места по света – напр. в MIT и Кеймбридж. Това, което виждам като голяма разлика, е в минималните изисквания към студентите тук и в чужбина. Със сигурност не е в максималните изисквания към студентите. Изглежда там се държи на едно минимално ниво, което те трябва да покрият. Държи се на устойчиво постигане на дадено ниво чрез чести тестове и домашни. Там няма как да преминете в следващ курс, без този минимум от знания да бъде покрит. При нас долният праг е много нисък. Все още има студенти, които могат да минат между капките, което до голяма степен зависи и от преподавателите, естествено.

За мен в това се състои голямата разлика. Не е в качеството на преподаване, а в това какъв е минимумът от знания и умения, които трябва да е овладял студентът, за да продължи нататък.

СФ: Причините за това може би са по-дълбоки. Може би това е свързано с начина, по който се финансира висшето образование в България. Знаеш, че за да съществува дадена специалност, дори и факултет като Физическия, трябва да има определен брой обучаващи се студенти. Ако студентите ги няма, тогава специалността може да бъде закрыта. Така че може би много преподаватели си затварят очите, за да просъществува дадена специалност, което дава възможност на студентите, които наистина имат интерес към нея, да бъдат обучавани.

ВД: Така е. Абсолютно. Това е факт. Споделям лични впечатления.

СФ: Завършваш магистратура и продължаваш образованието си в докторската степен на висшето образование. От това, което ми разказваш, изборът ти звучи съвсем естествено.

Насочил си се към теоретична дисциплина, но в същото време работиш в частна компания, където нещата предполагам не са много теоретични и се сблъскваш с доста по-приложни задачи. Разкажи ни малко повече за това ти амплуа.

ВД: Още през 2015 г. започнах работа в „Ендуросат“ като кадет в образователната им програма „Космически предизвикателства“. След това помагах с организацията на програмата. В един момент ми възложиха координирането ѝ. Още тогава ми се наложи да прилагам наученото в Университета за решаване на реални физични задачи, с които се сблъскваме в компанията. Например през

2015 г., когато тъкмо учехме тензорно смятане в Университета, в компанията вече ми се наложи да пресмятам тензор на инерционния момент на тела, въртящи се в Космоса. Наученото много ми помогна, защото видях и друга перспектива, и много паралели между неща, които се смятат за теоретично неприменилими и неща, които всекидневно ползваме и са необходими за пресмятане на различни физични задачи. В „Ендуросат“ се занимаваме доста и с радиоелектроника, и с хардуер. В рамките на дисертацията извършвам симулации, в които прилагам числени методи. Много от нещата, които съм научил в „Ендуросат“, ми помагат в провежданите от мен изследвания, като симулации на неутронни звезди и пр.

Ако трябва да направя някакво сравнение – в частната компания фокусът върху дадена цел е много по-силен. Имаме конкретни цели и гоним тези цели до постигането им, по възможност максимално бързо. В академичните среди нещата стоят по-различно. В рамките на един семестър трябва да овладееш определени знания и повече от това не може. Дори и да го направиш двойно по-бързо – оставаш на същото ниво. Всичко е по-бавно и по-внимателно.

И двете системи си имат своите плюсове и минуси, но човек е хубаво да ги изпита, за да придобие впечатление как се случват нещата на другото място. Но това, което ми харесва, е, че много от проблемите в аерокосмическото инженерство са задачи, които ни държат будни и в теоретичната физика.

СФ: Минал си по цялата йерархия в „Ендуросат“. Започнал си като кадет и в момента си технически директор. Сблъскал си се с различни хора и различни проблеми. Според теб какви са разликите и, може би, приликите в културите на една частна компания и Университета?

ВД: Най-голямата разлика, която може да се види, е, че компанията е прозрачна на всички нива (поне при нас). Вътрешно в компанията всеки може да говори с всеки. Няма толкова официално изразена йерархия. Хората са много отворени да споделят опит помежду си. В академичните среди това не винаги е така. Много често между факултети, между катедри, че даже и между две групи в една катедра се случват разни ...

СФ: ... силна конкуренция, да го наречем. ☺

ВД: Да. Може да го наречем силна конкуренция (смее се). Някакъв тип конкуренция, която обаче не е здравословна за организацията. Разделението в Университета е много по-голямо. Следват се много по-формални пътища за това кой откъде трябва да мине и какво да направи.

Философията в частната компания е различна. Ако някой може да прави нещо – то просто го прави. Титлата не означава кой знае какво, ако нямаш знание и умение. При нас често млади хора заемат по-старши длъжности от някои по-възрастни служители. Позицията в компанията изцяло зависи от това, какви усилия полагаш и какви резултати получаваш. Стажант за една година може да

се издигне до старши позиции, което зависи изцяло от усилията, които полага. Няма го чакането с години за определен тип позиция, както е в Университета. Просто трябва да се докаже, като докара продукт, реализация на мисии и пр.

СФ: Добре, но все пак вие сте десетки хора, които работите заедно. Неминуемо има търкания, различни характери и т.н. Какво правите, за да държите хората заедно и да направите такъв сплотен екип?

ВД: Това е абсолютно така. В момента сме над 100 човека. Няма как всички да са щастливи заедно. Винаги има някакви конфликти. Имаме хора, които са по-малко или повече социални, но крайната цел е най-важна и тя кара хората да се държат заедно. Правило номер едно е, че всички трябва да са абсолютно толерантни към всички останали. Не правим често класически тиймбилдинги. Имаме и такива, но по-често правим неформални срещи. Сядаме на по бира и говорим за това, с какви проблеми сме се сблъскали през седмицата и върху какви проекти работим. Опитваме се да държим всички малко или много информирани.

СФ: От организацията, сега персонално към теб – кое е най-голямото предизвикателство, с което си се сблъскавал в „Ендуросат“ и в Университета?

ВД: Най-голямото предизвикателство е свързано с разработването на софтуер за насочване на сателити, който разработваме в „Ендуросат“ с няколко колеги. Имаме сателити, които са летели. Имаме и такива, които сега разработваме. Но там са най-интересните и предизвикателните задачи откъм математика, физика и програмиране на системно ниво. Много са интересни за всеки, който се е сблъскавал с теоретична и с ядрена физика, защото чисто математически има много сходни концепции.

СФ: Как насочвате наносателитите, след като са изведени в орбита? Двигатели ли използвате?

ВД: Не. Този тип насочване правим със система от колелца (*reaction wheels*). Когато дадено колелце се завърти в дадена посока, целият сателит се завърта в противоположна посока, за да запази момента на импулса. Чисто технически, това е едно от най-сложните неща, но извън техническата сфера най-голямото ми предизвикателство е работата с хора. Сегашната ми позиция ми налага да работя постоянно с много хора. Това е нещо, с което преди не бях свикнал. Това наистина е най-голямото и най-трудното предизвикателство. Човек не си дава сметка, докато не се сблъска с него и не разбере, колко много време и усилия коства координацията на много хора. На практика не е възможно да напишеш някакъв набор от правила и всичко да върви по тях.

СФ: А във Физическия факултет над какво работиш в рамките на дисертацията си?

ВД: Занимавам се с числени симулации на компактни обекти в Общата

теория (ОТО) и обобщени теории. Изучаваме различни теории на гравитацията – включително скаларно-тензорни, Гаус-Боне, топологични заряди. Изследвайки реалистични системи с неутронни звезди и бели джуджета най-вече, се опитваме да ограничим параметрите на теорията като използваме данни от наблюдения. Например едната задача, по която работим сега, е свързана с това – при различни честоти на въртене, точно на граничната орбита преди да падне нещо върху неутронната звезда, да разгледаме какво се получава в общата теория и в пространство от параметри за обобщени теории. След това сравняваме получените теоретични резултати с наблюдаеми величини и проверяваме кои теории са най-вероятни. На базата на направени наблюдения и провеждайки изчисления в рамките на Общата теория и други алтернативни теории, можем да покажем какво всъщност се случва и да правим хипотези за физика извън ОТО. Този въпрос ме вълнува много, тъй като знаем, че Стандартният модел на елементарните частици (СМ) е непълен, защото в него няма гравитация. Въпросът е можем ли индиректно, на базата на някакви наблюдения да добием усещане, къде би могло да се появи нещо допълнително в СМ. Много от тези теории, с които работим, предполагат, че има някаква масивна частица, допълнително поле, което с тези наблюдения можем поне да ограничим, да му зададем граници. Например масата да бъде в даден диапазон. В някои случаи това поле може също да обясни тъмната материя, в други случаи има повече от една частица. Може да е цял тъмен сектор. В някои случаи може да е добавка в гравитационна теория, която да е допълнителни геометрични инварианти, не само скаларът на Ричи, който се използва стандартно в действието на теорията. Като цяло сме отворени към много възможности, по които се прави този анализ. Знаем, че за слаби полета ОТО е много добре доказана, но при силни полета има пертурбативни ефекти, върху които работим. Засега ги изследваме само чрез числени симулации, но са много трудни за улавяне, понеже се изразяват много близо (от порядъка на няколко радиуса на Шварцшилд) около компактните обекти. Там разчитаме на гама-наблюдения и сблъсъци на неутронни звезди, които водят до силно излъчване на гравитационни вълни и едновременно гама-излъчване (т.нар. *Multimessenger Astronomy*).

СФ: Колко време ти остава до защита на дисертацията?

ВД: В момента съм на половината... Започнах в началото на 2020 г. и би трябвало да защита през януари 2023 г.

СФ: След това ще продължиш ли с академичната си дейност или изцяло ще се прехвърлиш в частния бизнес?

ВД: Гравитацията и геометрията са ми много интересни – едни от любимите тематики. Дори и да не продължа работа в академичната среда, със сигурност бих продължил да работя по тях в свободното си време.

СФ: Това може ли да стане в рамките на „Ендуросат“?

ВД: Не. Не виждам как може да стане такова нещо в рамките на „Ендуросат“, освен може би наблюдателната част. Ние сме доста фокусирани върху изследователска и развойна дейност (R&D). В образователната ни програма сме фокусирани върху технологията, върху различни аспекти на Космоса. Залагаме теми по биология, физика, предприемачество, финансовия сектор на Космоса... Не виждам двете като несъвместими, защото за мен бъдещето на този тип астрономия е в Космоса. Дори бъдещето на колайдерите е в Космоса, просто защото достигахме до една граница, над която нещата не стават на Земята. Трябва да провеждаме експериментите в Космоса и всъщност това, че се занимавам технически със средствата, с които бихме могли да реализираме научни прибори за изследвания на Космоса, прави нещата съвместими.

СФ: Ще ти задам един въпрос от по-общо естество. Завършва един студент V курс, какво би го посъветвал в професионално отношение? Как да продължи напред?

ВД: Бих го посъветвал няколко неща – да пробва в голяма компания; да пробва в *start-up*. Да натрупа стаж. Бих го посъветвал да практикува това, което е научил. Това, което наистина ми е липсвало в рамките на следването ми в Университета, е работата по конкретен научен проект или задача. Дипломната работа е може би такова занимание. Но не всички продължават да работят по проблемите, поставени в нея. На дипломната работа се гледа малко или много като на формалност, а не като научно предизвикателство в повечето специалности.

С каквато и физика да се занимава човек, теорията е много хубава на хартия, но в момента, в който трябва да сметнеш каквото и да било, трябва да стигнеш до числени методи и програмиране. Според мен това е много важно нещо, в което да навлезе всеки физик.

Аз също съм привърженик на подхода да започнеш от лесното и да вървиш към трудното, защото иначе просто губиш мотивация. Много често начинът, по който се започва при нас (в България, не само във ФЗФ), е обратният – започва се с цялата дълбочина, с това да докажеш нещо в общия случай, понякога без да си го видял в частния. Ако човек изобщо не е виждал как се прилага такова нещо в отделен случай, това може да се окаже голям пропуск за него и да го отблъсне. Аз имам много любим цитат от някои от бащите на квантовата механика, може би беше Зомерфелд, който разказва, че първия път като започнал да учи термодинамика, не разбрал нищо и му станало много неприятно; втория път вече си мислел, че е разбрал нещата, а третия път бил сигурен, че нищо не разбира, обаче вече бил свикнал как да използва термодинамиката и това не му правело впечатление. Горедолу това беше и моята методология в

математиката и физиката. Когато учех нещо за първи път, съм наблягал на приложенията, пропускайки теоремите, втория път съм минавал материала страшно подробно – заради (начина по който е поднесен материала в) Университета и преподавателите и бях много щастлив, защото вече знаех това откъде идва и къде ще се ползва, имах интуицията с него и като задълбахме на Коши: Δ и ε от теоремите, имах идея защо той иска да наложи условие за неограничено намаляване на едното или другото ... Имах колеги, които започнаха по този начин – с голяма абстракция, което просто кара хората да не разбират какво правят. А вече третият етап е ти да се опиташ да направиш сам нещо, което не знаеш, което го нямаш наготово. Това е съветът ми към всички: ако могат, да следват тази методология за каквото и да е – програмиране, теоретична физика, няма значение и да се опитат да намерят връзката между нещата, които правят в Университета с това, и неща от частния сектор, защото винаги е хубаво да си имат тази вратичка. В днешно време не е оптимално, не може да се разчита само на академичен живот. В Университета учим много неща, от много различни сфери. Те са много полезни, и от кариерни дни виждаме, че привличаме частните бизнеси, те се научиха, че физиците са много добри за анализ на данни, инженерни специалности, а също и във финансите... Вижда се това нещо. Намерете си нещо, което ви прави щастливи – може да си преследвате и академична кариера, разбира се. Много е лесно, ако човек знае основата на физиката, да се препрофилира към всички останали инженерни направления. Хубаво е да го знаете, тъй като в днешно време все повече хора ще са нужни, за да пишат код, да правят дизайна на всичко около нас и да го програмират. Знаете, че в момента в България има голям бум в този сектор, предстои да се разгръща и занапред, защото почти всичко, което излиза като нов продукт, е вградено устройство, на което някой трябва да му направи дизайн и да му напише софтуера.

СФ: Заговорихме се за книги преди малко. Коя книга от областта на физиката ти е направила най-голямо впечатление? Коя е книгата, която мислиш, че един студент, завършил Физическия факултет, трябва задължително да е чел? Физики много, но най-вероятно има такава, която ти е направила най-силно впечатление.

ВД: За мен това е книгата на Теодор Франкел „Геометрия на физиката“ (*Geometry of physics*). Това обаче не е най-лесно смилаемата книга. Теоретична е. Книгата е по диференциална геометрия и топология. Впечатли ме с това, че ми промени гледната точка относно това, каквото си мислех, че са много неща и какво всъщност се оказва, че са. Тя е книга за хора, които искат да видят красотата в геометрията и да я използват.

СФ: Предполагам е точната книга за читателите на „Светът на физиката“...

ВД: Да наистина е. Тя е уводна за хора, които са втели и кипели в темата, но начинът, по който е написана, обясненията, за мен са едни от най-красивите. Как можеш да опишеш Хамилтоновата механика като поток на едно поле, който запазва даден фазов обем. Ако имаш система, в която се запазва енергията, как можеш да сведеш Хамилтоновата механика до хидромеханика със степените на свобода, играейки някаква аналогия на това, което имаш при флуид. Разни ей такива красиви неща, които ти дават задълбочен поглед във физиката, което може да си е геометричен „трик“ за някои хора, но един от моите любими преподаватели казваше, че всичко, което е разбрано във физиката, е геометризирано. Затова съм толкова голям фен на диференциалната геометрия и избрах да се занимавам с нея. Именно геометрията е това, което ме запали в гравитацията, ... но ако говорим за не толкова задълбочена литература, разбира се Файнмановите лекции са нещото, което си е класика. Чел съм ги като ученик. Те също са красиво четиво и са подходящи за хора, които не са запознати надълбоко с математическия апарат, но искат да разберат физиката.

СФ: А художествена литература? ... За „Хари Потър“ знаем. ☺

ВД: Хари Потър си е физик (смее се). Ние във Факултета като бакалаври се шегувахме, че ФМИ са Слудерин, а ние сме Грифиндор, а пък химиците са магьосниците, които забъркват отварите.

Но художествена литература, която още някога ми е правила силно впечатление, са книгите на Артър Кларк, а също и на Айзък Азимов. Това са ми любимите *sci-fi* класически автори. При Кларк, което ми прави най-силно впечатление е „2001 Космическа Одисея“, както и „Скачване с Рама“. Кларк пише страшно добре. Физиката е добре изпипана. Има детайли в „Рама“, въртящи се цилиндри, Кориолисови сили ... направил е реални изчисления, ако се движи с определена скорост, какво ще е релативисткото забавяне на времето и пр. Много реалистична научна фантастика. Написана завладяващо, с усет към детайла. Неща, които ми харесват в последно време са две поредици. Едната е четирилогия на Дан Симънс „Хиперион“, а другата е на един китайски автор, който направи голям дебют с поредица от три книги, първата от които е „Задачата за трите тела“. С нея спечели награда *Hugo*. За пръв път чета китайска фантастика, но стилът ми напомни на Артър Кларк.

СФ: Преди седмица се завърнахме от Докторантското училище в Рожен, в което ти участва като лектор и ментор. Какви са твоите лични впечатления от него?

ВД: Аз лично много се радвам на тази инициатива. Бях ходил преди във връзка с образователната програма на „Ендуросат“ и на олимпиадите по астрофизика, но никога не съм бил на конференция там. Винаги съм си мислел, че това е място, където трябва да се провеждат повече такива събития. Направи

ми впечатления, че имаше голям интерес от страна на студентите. За мен лично беше много интересно да съм ментор там. Организацията беше добра. Страшно съм доволен и се надявам това да го виждаме все по-често и все повече студенти да участват. Тази година имаше 20-ина човека. Надявам се в следващите години да сме все повече и повече.

СФ: И на финала, би ли направил пожелания, препоръки към нашите читатели?

ВД: Недейте в никакъв случай да се ограничавате от това, което пише в учебниците по физика, които представят факти отпреди 20 или отпреди 50 години. Гледайте да се развивате с модерния свят. Физиката е изградила голяма част от модерния свят. Много от джаджите, които използваме ежедневно, се дължат на технически разработки и постижения във физиката от последните десетилетия. Тепърва ще има нова фундаментална физика, на която да разчитаме, обаче никой не знае кога и как ще я открием. Опитвайте се да се обогатявате и да добивате знания извън вашата тясна специалност. Опитвайте да свържете физиката с това, което виждате. Търсете встрани от вашата област. Повечето от големите открития, които се правят напоследък, са интердисциплинарни.

За СФ по интервюто работиха **Стефан Лалковски** и **Гая Деянова**

Рубриката е подкрепена от клон „Космос“ към СФБ.



Клон „Космос“ към Съюза на физиците в България организира

**3-ТИ НАЦИОНАЛЕН ФОРУМ
ЗА СЪВРЕМЕННИ КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ**

10 – 12 ноември 2022 г.

зала „The Venue“, Инкубатор, София Тех Парк

Бизнес и Космос

Наука и Космос

Образование и Космос

<https://bulgarianspace.online/en/nafski2022/>

ЩЕ ОЦЕЛЕЕ ЛИ КОНВЕНЦИОНАЛНИЯ МОДЕЛ НА *PEER REVIEW*?

Савина Кирилова

През последните няколко години се наблюдава вълна от иновации в научните изследвания, инструменти и услуги, което до голяма степен е съчетано с продължаващата еволюция на научната комуникация, адаптираща се към условията на бързо променящата се среда на „отворената наука“. Това предизвиква поредица от промени в научното публикуване, може би най-очевидната сред които е огромното увеличение на броя публикувани статии, който нараства със среден темп от 5% годишно. Също толкова важна е появата на списанията с отворен достъп и сървърите за предпечат като нови канали за научно публикуване, което предизвиква не по-малко съществени промени в конвенционалния модел на *peer review*. Тази статия има за цел, от една страна, да изведе същността на рецензирането и да проследи неговата трансформация във времето и, от друга, да идентифицира иновативните модели, които се опитват да елиминират някои от основните му недостатъци, свързани със забавяне на процеса на публикуване, пристрастия към конкретни категории статии и автори, ненадеждност, невъзможност за откриване на грешки и измами, неетични практики и липса на признание за рецензентите.

Ключови думи: процес на рецензиране, научна комуникация, отворен достъп, научно публикуване, предпечатни сървъри

Концепцията за рецензиране (*peer review*) е разработена много преди научното списание. Смята се, че първото документирано описание на този процес е в книгата *Ethics of the Physician* [1], но едва през 1665 г. английското списание *Philosophical Transactions* го утвърждава като метод за оценка на качеството. През 1731 г. Медицинското дружество в Единбург започва да издава първото изцяло рецензирано научно списание *Medical Essays and Observations*. Първоначално рецензирането се прилага за да се помогне на редакторите да решат кои ръкописи да публикуват в своите списания и не служи за гарантиране на валидността на изследването [2]. В систематизирана и институционализирана форма то се развива след Втората световна война поради голямото нарастване на научните изследвания през този период. В края на 40-те години на миналия век оценка на ръкописите започва да се прилага от *Journal of the American Medical Association* (JAMA), *Nature* я въвежда през 1964 г., а *Lancet* едва през 1976 г. [3].

Процесът на рецензиране е основен компонент на научната комуникация и е предназначен да обслужва две основни цели. Първо, действа като филтър,

който гарантира, че се публикуват само висококачествени изследвания чрез определяне на валидността, значимостта и оригиналността на изследването. И второ, има за цел да подобри качеството на ръкописите, които се считат за подходящи за публикуване. Рецензирането регулира навлизането на нови идеи в научните области, служи за поддържане на публикационните стандарти, както и за признаване на индивидуалните постижения [4]. Дефиницията му варира в различните дисциплини, като в най-широкия смисъл това е „експертна оценка на материал, предоставен за публикуване“ [5]. Сега процесът на рецензиране се използва не само за да се гарантира, че научният ръкопис е експериментално и етично обоснован, но и за да се определи кои документи отговарят на стандартите за качество и оригиналност на списанието преди публикуването им. Той е стандартна практика, прилагана от реномираните научни списания, която насърчава авторите да се стремят да произвеждат висококачествени изследвания, подкрепя и поддържа целостта и автентичността в развитието на науката.

В традиционния си вид процесът на рецензиране обикновено се осъществява по един от следните начини: *single-blind review*, *double-blind review* или *triple-blind review* [6]. При *single review* авторът не знае кои са рецензентите. Това е най-често срещаната форма на рецензиране сред научните списания. От една страна, анонимността позволява на рецензента да бъде обективен, без да се страхува от критика, а от друга – му предоставя възможност да използва знанията си за предишни изследвания на автора. Основните недостатъци на този метод са: 1) рецензентът може да използва анонимността като оправдание за ненужно критично или грубо отношение; 2) при получаване на ръкописи на теми, сходни на техните изследвания, рецензентите могат умишлено да отложат приключването на рецензията, за да публикуват първо своите проучвания; 3) познаването на автора може да доведе до пристрастие, както и до дискриминация въз основа на пол или националност.

Другият тип рецензиране е *double-blind*, при който от рецензентите е скрита самоличността на авторите, и обратното. Това е най-често срещаната форма на рецензиране в списанията за социални и хуманитарни науки. Анонимността на автора ограничава предубедеността на рецензента, например въз основа на пол, страна на произход, академичен статус или предишни публикации. Това позволява документът да бъде оценяван на база качеството на съдържанието, а не спрямо репутацията на автора. Основен недостатък е, че особено при специфични области на научни изследвания е лесно за рецензента да определи самоличността на автора въз основа на стил на писане, тематика или самоцитиране. При *triple-blind* самоличността на автора е неизвестна, както на рецензентите, така и на редактора. Статиите се обработват по такъв начин, че да се сведе до минимум всяка потенциална пристрастност.

Рецензирането е подложено на редица критики, въпреки безспорната необходимост от неговото прилагане. Някои от тях произтичат от факта, че рецензирането е обект на субективна човешка преценка, което предполага наличие на пристрастие и възможности за манипулиране на процеса. Твърди се, че то не осигурява ефективен контрол на качеството [7] предвид нарастващия брой статии, съществено изменени или оттеглени след публикуването. В някои случаи, рецензирането води до отхвърляне на иновативни изследвания, които могат да доведат до интересни и полезни събития, когато бъдат разгледани при различни обстоятелства или в светлината на нова информация. Освен това има ограничен брой хора, които са компетентни да извършват рецензиране в сравнение с огромния брой документи, които се нуждаят от оценяване. Това води до процес на подбор на изследователи, които нямат необходимия опит да анализират качеството на изпратените ръкописи, и по този начин се допускат статии с ниско качество и без реален научен принос. Подобни практики се наблюдават при „хищните“ издатели и маргиналните издания. Друга критика е свързана със забавяне разпространението на нови знания в научната общност предвид времето, което отнема самия процес. Най-отявлените му критици го определят за непрозрачен, неефективен, бавен, скъп, антииновативен и лесен за манипулация метод [8]. По тази причина повечето от новите модели за рецензиране са насочени към повишаване на различни нива на неговата прозрачност, както и на надеждността, ефективността и отчетността на процеса на публикуване.

Такъв е примерът с *open review*, при който и рецензентът, и авторът са известни един на друг. Целта е по-голяма прозрачност по време и след процеса на рецензиране. Все повече списания използват тази форма на оценка, но популярността сред рецензентите все още не е доказана. От една страна, този тип проверка осигурява по-бързо публикуване и разпространение на научни открития, не позволява на рецензента да прави злонамерени коментари, да бъде небрежен или да отлага завършването на рецензията и може да ограничи плагиатството сред авторите, но от друга, липсата на анонимност може да накара рецензентът да омаловажи критиките си, за да покаже учтивост спрямо автора. Някои рецензенти може дори да откажат да направят рецензия за списание, използващо *open review*, поради опасения, че ще бъдат идентифицирани като източник на отрицателна рецензия.

Друга иновативна форма на рецензиране е *transparent peer review*, при която докладите на рецензентите, отговорите на авторите и писмата за решения на редакторите се публикуват заедно с приетите статии. Този процес е съвместим със списания, използващи *single-blind* или *double-blind review*, като авторите имат възможност да се откажат от прозрачна проверка по време на подаване на ръкописа.

Съвместното или *collaborative review* обхваща разнообразие от подходи, чрез които екип от хора работят заедно при изготвянето на рецензия. В единия случай, двама или повече рецензенти преглеждат заедно документа, обсъждат мненията си и представят единен доклад. Във втория, един или повече рецензенти си сътрудничат с автора, за да подобрят неговата статия. Този подход е по-конструктивен и по-малко ограничаващ от традиционните такива, тъй като премахва бариерите, които разделят автори и рецензенти. При него обаче съществува риск от загуба на ползата от провеждането на две или повече независими оценки и се създава предпоставка за размиване на границата между авторство и рецензиране.

Част от списанията на издателства, като *Wiley*, *Springer* и т.н., участват в програма за прехвърляне на ръкописи и прилагат *transferable peer review*. Ако първоначалното подаване на автор не бъде прието, той може да избере да прехвърли своя ръкопис в по-подходящо списание на същото издателство. Ако ръкописът е рецензиран, цялата информация (включително името на рецензента, имейл и рецензия) ще се прехвърли в новото списание заедно с файловете на ръкописа, за да бъдат разгледани от редактора на другото списание.

При *post-publication review* научните статии могат да бъдат подложени на рецензиране след публикуването им. Този тип оценка се прилага в две форми – първична и вторична. При първичния преглед нерцензираната статия се публикува след първоначални редакционни проверки, след което може да бъде оценена от официално поканени рецензенти, подобно на практиката в *F1000Research*. От тях не се изисква да коментират оригиналността или важността на изследването, а само неговата методологична стабилност и дали направените заключения се подкрепят от изложените в публикацията методи и данни. Авторите и читателите могат да видят както рецензиите на публикуваната статия, така и самоличността на рецензентите. При вторичната форма статията отново се публикува след първоначални редакционни проверки, но е достъпна за оценка от доброволни рецензенти. Всеки може да публикува коментари по всяко време. И в двата случая авторите променят статията си на база на получените коментари до нейния окончателен вариант [9] и по този начин процесът на рецензиране протича под формата на постоянен диалог. Този тип рецензиране не изключва други форми на проверка и обикновено е допълнение към тях. Друг вариант на *post-publication review* е свободното коментиране на вече публикувани статии чрез блогове, *Twitter*, академични социални медии и сайтове за научно споделяне.

Последната експериментална форма на рецензиране е *dynamic peer review*, която се прилага предимно към препринти, предоставени за ползване в репозитории. Тя позволява на учените да виждат както ръкописа, така и рецензията

по време на разработването на финалния вариант на статията. Този модел намалява времето между подаването и публикуването на ръкописа и помага за предотвратяване на евентуално плагиатство, тъй като научната общност се запознава с работата, преди статията да бъде окончателно публикувана [9].

Появата на списания с отворен достъп поставя редица въпроси, свързани с качеството на процеса на рецензиране. Този проблем е засегнат в изследване, при което се изпращат версии на измислена научна статия към избрана група списания с отворен достъп [10]. Една част от списанията са индексирани в *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), а останалите са част от списък с потенциално „хищни“ списания (*Beall's List*). От 304 списания, 98 незабавно отхвърлят статията, а 157 приемат фалшивата публикация, което предполага, че публикуването в тях се основава на финансов интерес, а не на качеството на самата статия. Това показва, че нивото на проверка, което ръкописът получава преди публикуване, може да варира драстично в различните списания – от използване на двама до четирима рецензенти при утвърдените списания, до не особено стриктна или липса на проверка при „хищните“ [11].

Този въпрос е особено актуален днес на фона на все по-широкото използване на сървъри за предпечат (*arXiv*, *bioRxiv*, *medRxiv*, *SSRN* и т.н.). Тези услуги първоначално са предназначени да подпомагат събирането на мнения или обратна връзка за научните ръкописи преди официалното им изпращане в научни списания и преди рецензиране на тяхното съдържание. Постепенно обаче се превръщат в основен канал за научна комуникация, което рязко контрастира с традиционния подход за публикуване и представлява заплаха за класическия процес на рецензиране [12]. Така например, от юли 2021 г. списанието *eLife* разглежда само ръкописи, които вече са публикувани като препринти и фокусира редакционния си процес върху изготвянето на публични рецензии, които да бъдат публикувани, както за приети, така и за отхвърлени ръкописи [13]. Това позволява отворен процес на рецензиране преди публикуване или т.нар. *pre-publication peer review*. Предимството на този метод е бързината и прозрачността на процеса. Всеки може да даде обратна връзка, обикновено под формата на коментари, и обикновено не анонимно. Основният недостатъкът е, че много по-голям брой документи се представят на общността без никаква гаранция за качество и достоверност.

Съществуват четири основни фактора, които спомагат за увеличаване на измамите при рецензирането на научни публикации. Първият фактор е свързан със съвременната култура „*publish or perish*“, която поставя акцент върху обема на научната продукция вместо върху нейното качество. Необходимостта от „трупане“ на публикации принуждава някои изследователи да нарушават стандартите на научното публикуване. Получаването на положителна препоръка от

рецензент води до нарастване на шансовете за публикуване и по тази причина някои изследователи прибегват до фалшифициране на системата. Друг фактор е липсата на прозрачност при процеса на рецензиране. По-голямата част от списанията все още следват модел за преглед от един или двама анонимни рецензенти, което може да създаде благоприятни условия за манипулиране на процеса. Това не позволява на научната общност да контролира и валидира решенията на рецензентите и да идентифицира потенциални случаи на пристрастие. Осигуряването на прозрачност на рецензирането води до по-ясна оценка на публикуваните изследвания, което помага за намаляване на случаите на манипулация, но както споменахме по-горе, това също предизвиква проблеми. На първо място, липсата на анонимност води до притеснения от страна на рецензента да бъде напълно откровен и критичен към ръкописа и на второ, откритият процес на рецензиране позволява на недостатъчно компетентни в съответната област учени да оценяват научната стойност на публикациите.

Друга практика, която застрашава процеса на *peer review*, е възможността авторите сами да предлагат рецензенти, когато ръкописите принадлежат към тясно специализирани научни области. От една страна, авторите могат да предложат изследователи, които ще дадат благоприятни отзиви за техния ръкопис, а от друга – да си създадат фалшива самоличност, чрез която да напишат рецензия за собствения си документ. Следователно, в случаите, когато това се налага, редакторите трябва внимателно да проучват самоличността на предложените рецензенти, както и техните препоръки, за да осигурят справедлив процес на рецензиране. Последният фактор е свързан с увеличаването на обема на научноизследователската дейност, в резултат на което списанията са принудени да публикуват максимален брой статии във възможно най-кратък срок. Натискът за избор на подходящи ръкописи, заедно с отговорността за максимизиране на влиянието и приходите на списанието, може да повлияе на процеса на вземане на правилни решения от страна на редакторите и издателите, да понижи критериите за оценяване на ръкописите и дори да се стигне до пълна липса на рецензиране [14].

Това изобилие от научен материал натоварва текущия процес на рецензиране, в резултат на което се наблюдава стремеж към отделянето му от процеса на публикуване. Например списания като *PLOS*, въвеждат коментиране на публикуваните статии, други като *F1000 Research* разчитат на модел, при който рецензирането се извършва, след като ръкописите са публично достъпни. Основната тенденция в тези иновативни промени е бързо нарастващата роля на услугите, които напълно се отказват от традиционното рецензиране, като позволяват на авторите да публикуват всяка статия и разчитат на общността да прецени коя от публикациите има истински принос към науката. Друга

тенденция е бързото разрастване на неселективния преглед, който се практикува от *PLOS One*, *Frontiers* и много други издатели с отворен достъп. Той гарантира високи нива на приемане, на практика елиминира закъсненията и предоставя по-малко възможности за пристрастие на рецензента, в сравнение с традиционните процеси на рецензиране [15]. Всяка от тези иновации има частични паралели с други социални уеб приложения или платформи по отношение на прозрачност, репутация, оценка на производителност и ангажираност на общността [16].

Една от тях е *F1000Research* [17], която стартира през януари 2013 г. като списание с отворен достъп. В него се публикуват статии след първоначална проверка, която гарантира, че документът е произведен от учен и не е плагиатстван, след което се провежда прозрачен процес на рецензиране. Услугата има за цел да предотврати закъсненията в науката, които са причинени от удълженото време за рецензиране, и използва *open review*, като публикува всичко, включително имената на рецензентите, техните доклади и писмата с редакционните решения.

Друга инициатива е *PeerJ* [18], създадена през юни 2012 г. като рецензирано научно списание на отворен достъп в областта на биологичните и медицински науки. В него се подбират статии единствено въз основа на научна и методологична стабилност, а не на субективни детерминанти като „въздействие“, „новост“ или „интерес“.

Алтернативен подход е услугата *Research Square* [19], чрез която се извършва предварително рецензиране от трима експертни академични рецензенти, които помагат на авторите да изберат най-подходящото списание въз основа на темата и качеството на своята статия. Ръкописите се проверяват за плагиатство чрез специализиран софтуер, след което авторите могат да ги изпратят в предложено списание, като приложат изготвения от рецензентите доклад.

Друг вариант, който се предлага от издателство *Hindawi* [20], е идентифициране на подходящи рецензенти чрез използване на алгоритъм. Провежда се анонимна процедура на *peer review*, която завършва с „гласуване“ между рецензентите. Важно е да се отбележи, че всички „алтернативни“ модели за рецензиране се сблъскват със същите проблеми като традиционните и прилагат същите основни принципи на добра практика.

Независимо че процесът на рецензиране показва забележително малко вариации или иновации в практиката, не е предложен или разработен по-подходящ метод за скрининг на научните публикации и той остава основен в подпомагането на редакторите при избора на надеждни, висококачествени, нови и интересни научни статии. Подобряването му не включва непременно заместване на настоящите процеси, а по-скоро развитие и допълване на съществуващите

практики. Изследователите трябва да продължат да търсят средства за решаване на текущите проблеми, за да се гарантира, че това е напълно доказана система, която допуска само качествени изследвания в научната общност. Рецензирането не трябва да бъде инструмент, чиято основна функция е категоричното откриване на измама [21]. В крайна сметка, напредъкът на науката не зависи от това колко статии са публикувани, а от това всяка публикация да служи като солидна основа за бъдещи изследвания.

Литература

- [1] R. Spier, The history of the peer-review process, *Trends in Biotechnology*, 20, 357-358. (2002)
- [2] J. Kelly, T. Sadeghieh, K. Adeli, Peer review in scientific publications: Benefits, critiques, & a survival guide, *The Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 25, 227-243. (2014)
- [3] R. Spier, The history of the peer-review process, *Trends in biotechnology*, 20, 357–358. (2002)
- [4] D. Harley, S. Acord, Peer Review in Academic Promotion and Publishing: Its Meaning, Locus, and Future. UC Berkeley: Center for Studies in Higher Education. (2011)
- [5] C. M. Olson, Peer Review of the Biomedical Literature, *American Journal of Emergency Medicine*, 8, 356-358. (1990)
- [6] <https://authorservices.wiley.com/Reviewers/journal-reviewers/what-is-peer-review/types-of-peer-review.html>
- [7] T. Jefferson et al., Editorial peer review for improving the quality of reports of biomedical studies, *The Cochrane database of systematic reviews*, 2, MR000016. (2007)
- [8] R. Smith, Classical peer review: an empty gun. *Breast Cancer Research*, 12, S13. (2010)
- [9] P. A. Ali, R. Watson, Peer review and the publication process, *Nursing Open*, 3, 193-202. (2016)
- [10] J. Bohannon, Who's afraid of peer review? *Science*, 342, 60-65. (2013)
- [11] K. D. Cobey et al., Knowledge and motivations of researchers publishing in presumed predatory journals: A survey, *BMJ Open*, 9, e026516. (2019)
- [12] C. R. Triggie et al., Requiem for impact factors and high publication charges, *Accountability in Research*, 29, 133-164. (2022)
- [13] M. B. Eisen et al., Implementing a "publish, then review" model of publishing, *eLife*, 9, e64910. (2020)
- [14] S. Kulkarni, What causes peer review scams and how can they be prevented? *Learned Publishing*, 29, 211–213. (2016)
- [15] R. Walker, P. R. da Silva, Emerging trends in peer review - a survey, *Frontiers in Neuroscience*, 9, 169. (2015)
- [16] J. P. Tennant et al., A multi-disciplinary perspective on emergent and future innovations in peer review, *F1000Research*, 6, 1151. (2017)
- [17] <https://f1000research.com/>
- [18] <https://peerj.com/>
- [19] <https://www.researchsquare.com/>
- [20] <https://www.hindawi.com/>
- [21] A. Mulligan, Is peer review in crisis? *Perspectives in Publishing*, 2, 1-6. (2001)

WILL THE TRADITIONAL PEER REVIEW MODEL SURVIVE?

Savina Kirilova

In the last several years, there has been a wave of innovation in research, tools, and services. This is largely coupled with the ongoing evolution of scholarly communication which adapts to rapidly changing environments of "open science". This has provoked a series of changes in scientific publishing, perhaps the most obvious of which is the enormous increase in the number of papers published, which has grown at an average rate of 5% per annum. Equally important is the emergence of open-access journals and preprint servers as new channels for scientific publishing, which is causing no less significant changes in the traditional peer review model. This paper aims, on the one hand, to describe the essence of peer review and to research its transformation over time, and on the other hand, to identify the innovative forms that attempt to eliminate some of its basic disadvantages such as slowing down the publication process, bias against specific categories of paper and author, unreliability, inability to detect errors and fraud, unethical practices, and the lack of recognition for reviewers.

Key words: peer review, scholarly communication, open access, scientific publishing, preprint servers.



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

АСТРОФОТОГРАФИЯТА – МЕЖДУ ИЗКУСТВОТО И НАУКАТА

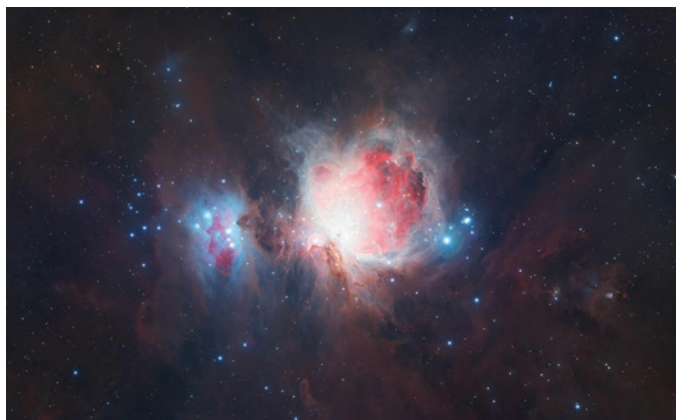
Никола Антонов

*Докато другите твари наведени гледат Земята,
стори човешкия лик възвисен, за да вижда небето,
и повели на човека да свръща очи към звездите.*
Овидий, „Метаморфози“

В София бе открита първата по рода си изложба за астрофотография, събрала творбите на български астрономи любители от цялата страна. Събитието е организирано от сдружение „Звездно общество“, Института за съвременни физически изследвания и „ТехноМеджикЛенд“, които са и домакини на изложбата. В продължение на един месец посетителите на технологичното изложение „ТехноМеджикЛенд“ можеха да се насладят на десетки фотографии на забележителни космически обекти, мъглявини, ярки метеори, галактики и планети. Впечатляващи композиции с „Палитрата на Хъбъл“, небесни експлозии и загадъчни структури от дълбокия Космос са част от акцентите. Всички снимки са дело на любители. Известно е, че астрономията е една от науките, които изключително много разчитат на своята неизброима армия от любители. Може да е изненада за някои, но любителите имат голям принос за съвременното разбиране за Вселената, като участват активно в откриването на нови комети, малки планети и свръхнови. Тези краткотрайни звездни експлозии, каквито представляват свръхновите, са от огромно научно значение, тъй като подпомагат измерването на разстоянията във Вселената, а това има пряко отношение към знанието за нейните размери и скоростта ѝ на разширяване. Астрономи любители има и в България, а част от тях са обединени в организация, наречена „Звездно общество“. Сдружението съществува от 2009 г. и обединява в една обща цел – популяризиране на астрономията – хора с най-различни професии. Едно от най-популярните през последните десетилетия приложения на любителската астрономия е астрофотографията!

Какво е астрофотография? Астрофотографията може да бъде едно от многото забавни скъпи хобита, но може да бъде и средство за научни изследвания, а в някои случаи е по малко и от двете. Астрофотографията не е едно хоби, а много. Комбинира много специалности, както и различни цели. В зависимост от условията, оборудването, бюджета и наличното време, астрономите любители могат да варират от търсачи на случайни изображения, използващи преносима техника, до такива със сериозна наблюдателна програма и постоянна инсталация, способна да се управлява дистанционно. Обектите също

са толкова многобройни: от планетарни изображения с голямо увеличение и изображения на дълбокото небе, през изображения със средно и широко поле, с теснолентови филтри, монохромни и цветни камери. След това има лунна и слънчева фотография, както и пейзажна астрофотография. Примери за подобни изображения, направени от нашите астрономи любители, можеха да се видят и на изложбата в „ТехноМеджикЛенд“.



Голямата мъглявина M42 в съзвездие Орион. Снимка: Иван Райчев



*Мъглявината „Мехур“ в съзвездие Касиопея. Палитра на „Хъбъл“.
Снимка: Ивайло Стойнов*

Зад получаването на добро изображение на отдалечен астрономически обект, особено ако е с ниска повърхностна яркост, се крият часове по събиране на светлина в ясни и безлунни нощи далеч от населените места и много

последваща работа по обработка на материала до получаването на финална фотография. Любителите-астрофотографи работят с разнообразна техника, която най-често включва астрономически телескоп или телеобектив, цифрова камера (DSLR фотоапарат или специализирана астрокамера с активно охлаждане) и компютризирана екваториална монтировка, която позволява прецизно следене на обекта, докато Земята се върти около оста си. Няколко системи работят в синхрон, за да се постигне желаният резултат. Една добра снимка на мъглявина или далечна галактика обикновено изисква поне 10 часа интеграция (сумарното време на събраните кадри). В заснемането на обекти от „дълбокото небе“ (мъглявини и галактики) най-често се използват стотици кадри с експозиции примерно от 2 до 10 минути. Специализираните астрокамери, подобно на използваните в професионалната астрономия, имат охлаждане и работят при минусови температури, за да се намали шумът от загряването на сензора по време на експонацията.



Галактиката M33 в съзвездие Триъгълник. Автор: Никола Антонов

В астрофотографията често се прилагат т.нар. „фалшиви“ цветове. Изхождайки от стремежа да покажат сложните и необичайни структури на мъглявините, астрофотографите снимат със специални теснолентови филтри, които пропускат само светлината на определени химически елементи, с които се характеризира даденият астрономически обект. След това събраният материал се обработва така, че данните за всеки елемент отиват в отделен цветови канал

и така се получават някои от най-впечатляващите фотографии на мъглявини, които представляват гигантски облаци от йонизиран газ и междузвезден прах. Най-популярната комбинация от цветове е палитрата на космическия телескоп Хъбъл, която е запазена марка и на някои любители от сдружението „Звездно общество“.

Снимането на астрономически обекти с цел получаването на красиви изображения не е единствената цел на астрофотографията. С известни инвестиции в любителска техника дворът на селската къща може да се превърне в малка обсерватория, а освен за удоволствие, хобито може да се окаже полезно и за науката. Някои любители астрономи обичат да комбинират полезното с приятното, участвайки в различни международни мрежи за събиране на данни за определен тип астрономически обекти като наблюдение на метеори, променливи звезди или свръхнови. Членовете на „Звездно общество“ не правят изключение.



Метеори, засечени от метеорната станция BG0003 „Звездно общество“, част от Global Meteor Network. Снимка: Венцислав Бодаков

От миналата година на територията на НАО Рожен оперира метеорна станция на сдружението, която засича метеори, заснема ги и изпраща данни в реално време на международна мрежа за наблюдение на метеорите. Данните се използват за следене на известните метеорни потоци, откриване на нови, следене на траекториите им и произхода им, както и за засичане на болиди, които може да оставят метеорит на Земята, който след това може да бъде открит благодарение на натрупаната база данни и да бъде изследван.

Изключително добра комбинация между хоби, практикувано за удоволствие, и занимание с полза за науката е събирането на данни за блясъка на променливи

звезди и свръхнови. Някои астрофотографи успешно практикуват тази комбинация. В Интернет има специализирани сайтове, които се занимават със събирането на данни за такъв тип обекти от любители. С малко обучение и прилагането на подходящ софтуер почти всяка любителска инсталация може да се превърне в полезен инструмент за науката. Макар и да не изглеждат толкова впечатляващи откъм цветове и разнообразна структура, снимките на свръхнови, при които една звезда за кратко време излъчва повече енергия от цялата ѝ родителска галактика, съдържат ценни данни за изучаването на процесите, управляващи тези мощни космически експлозии.



Свръхновата SN2022hrs в галактиката NGC4647. Двама кадъра показват региона на 2 февруари и 25 април 2022 г. Снимка: Никола Антонов

Ако попитате няколко астрофотографи защо снимат и защо хвърлят толкова много усилия, а и средства, след като изображения на повечето обекти може да се свалят от Интернет и то вероятно в по-качествено изпълнение, със сигурност ще получите различни отговори. Може би хората не разбират, че това рядко е мотивация да се занимаваш с астрофотография – да надминеш другите. От самото начало знаеш, че винаги ще има по-добри, че Космосът е безкраен и никога няма да получиш достатъчно, за да кажеш: „Ето това е! Повече оттук-нататък не може!“. Ако някои това ги обезкуражава, то на нас – астрофотографите – това ни дава стимул, знаейки, че сме предприели пътуване, което никога не свършва.

80-годишен юбилей на Васил Ловчинов

На 11.04.2022 г. Васил Ловчинов навърши 80 години. ЧЕСТИТО!!!

Той беше дългогодишен заместник-директор на ИФТТ – БАН, дългогодишен член на Научния съвет на Международната лаборатория за силни магнитни полета и ниски температури във Вроцлав, Полша, ръководител на лаборатория „Свръхпроводимост и свръхпроводими материали“, основател и ръководител на лаборатория

„Физика на околната среда“, директор на Научноизследователски център за изследване на материали, повърхности и структури.

Целият живот на В. Ловчинов е свързан с физиката. Като студент трети курс, през зимата на 1965 г., той прекрачва прага на Физическия институт с АНЕБ при БАН, ръководен от академик Г. Наджаков. Там той е привлечен от идеите и мечтите на ръководителя на звеното за втечняване на газове, инженер Е. Леяровски, за създаване на лаборатория, занимаваща се със свойствата на веществата при ниски и свръхниски температури. Екипът на инж. Леяровски е само от инженери, а В. Ловчинов е първият физик в него. Само след година звеното е трансформирано в Лаборатория по ниски температури.

Следват години на усилен труд по изграждането на материалната база на новата лаборатория. В. Ловчинов активно участва в тази дейност. Това не му пречи да работи по дипломната си работа, предсрочно да я защити през 1967 г. и още от януари 1968 г. след конкурс да бъде назначен в лаборатория „Ниски температури“. Неговият ентузиазъм и активна дейност в изграждането на тази лаборатория дават основание за включването на младия учен към екипа на току-що основаната през 1968 г. Международна лаборатория за силни магнитни полета и ниски температури (МЛСМПНТ), на която БАН е съосновател. От 1969 г. Ловчинов е първият български учен, започнал работа в тази престижна международна институция. Години наред той работи там и ревностно отстоява българската тематика в изследователския план на Международната лаборатория. Затова БАН и ръководството на лабораторията предлагат той да бъде избран за професор със статут на постоянен член на Научния съвет, гласуващ бюджета и ръководещ научната дейност на тази световно известна лаборатория (Фигура 1).

Откриването на високотемпературната свръхпроводимост дава възможност на проф. Ловчинов да разгърне своя организаторски талант. Винаги са го интересували експеримента и приложната страна на науката. Създава група за

производството на експериментални участъци от обвити в сребро високотемпературни свръхпроводими ленти. Заедно с гръцки учени от изследователския център „Демокритос“ в Атина спечелва четиригодишен НАТО грант, който финансира съвместните изследвания и решава някои логистични проблеми на Института по физика на твърдото тяло.



Фигура 1. Подписване на протокол на Научния съвет на Международната лаборатория (МЛ) за силни магнитни полета и ниски температури във Вроцлав, Полша (отляво надясно – председателят на НС на МЛ акад. А. Андреев – РАН, проф. В. Ловчинов – ИФТТ, БАН, и директорът на МЛ проф. Ян Кламут, ПАН)

От годините на своята ранна научна дейност проф. Ловчинов обича да работи със свои университетски колеги. Сам той е бил привлечен от акад. Милко Борисов за асистент и е водил упражнения по обща физика в рамките на популярните на времето Научни центрове. Затова не е чудно, че има много съвместни работи с колеги от Софийския университет, Университета по хранителни технологии в Пловдив, Шуменския университет. Чел е лекции в университета „Кирил и Методий“ в Скопие в рамките на двугодишен договор с тях.

От 1996 г. проф. Ловчинов има редица проекти с Университета в Лиеж, Белгия. Той провежда 20 години без прекъсване с белгийските си колеги съвместни изследвания, обмен на експериментален опит и информация в областта на високотемпературната свръхпроводимост и търсенето на нови свръхпроводими материали. Неговият първи сътрудник от Лиеж, проф. Марсел Осло, става почетен член на БАН, а проф. Вандербемден е привлечен за член на Международния организационен комитет на организираната от ИФТТ конференция по физика.

Тази всеотдайна и ползотворна творческа дейност, която развива Васил Ловчинов, не остава незабелязана от акад. Александър Петров. Когато през 1999 г. той е избран за директор на Института по физика на твърдото тяло, предлага Ловчинов за свой заместник-директор по международните връзки и израстването на младите кадри. Цели три мандата той съвестно и с ентузиазъм изпълнява

тази чисто административна длъжност – провеждане на конкурси за докторанти, изпити за докторантски минимум, срещи с чуждестранни гости на ИФТТ, конференции и т.н., и т.н. През тези три мандата ИФТТ постига един своеобразен максимум на докторанти – 26 души. Тази поглъщаща много време административна работа не намалява научните амбиции на проф. Ловчинов. Той успява да убеди ръководството на БАН за създаването на Научноизследователски център за изследване на материали, повърхности и структури на базата на модерни, многофункционални апаратури, които да обслужват всички институти на БАН. На тези апаратури младите научни работници ще получават умения и самочувствие, че работят на съвременен световен ниво. Центърът е създаден от консорциум от пет института на БАН, а петте директори на институтите-учредители гласуваха за директор на Центъра да бъде избран проф. В. Ловчинов.

Научните интереси на Васил Ловчинов не се ограничават само около физиката на ниските температури, силните магнитни полета, свръхпроводимостта и свръхпроводимите материали. През 2008 г., с решение на Научния съвет на ИФТТ, към направление „Нискотемпературна физика“ се създава нова лаборатория – „Физика на околната среда“. За неин ръководител е избран проф. Ловчинов. Тази лаборатория не възниква от нищото. От много години в ИФТТ работи група под негово ръководство, занимаваща се с екофизика и екометрия. Групата е търсен партньор за участие в наши и международни проекти. Докторант от групата получи стипендия от Швейцарска екологична организация, а П. Симеонова от същата група защити дисертация на тема „Екометрични подходи във физиката на околната среда“. На базата на нейната дисертация е оформена монографията от 433 с. „Увод във физиката на околната среда“ с автори П. Симеонова и В. Ловчинов, която е публикувана през 2008 г. Тази книга е своеобразен апел към обществото да изостри своето внимание към все по-големите проблеми между човек и природа, като същевременно показва, че науката има решение на тези проблеми.

Многогодишната ползотворна и всеотдайна дейност за науката и обществото на проф. д-р Васил Ловчинов е отразена в 192 публикации, 233 цитата и е наградена със златен почетен знак на лента „Георги Наджаков“ от ИФТТ, златна значка „За особени заслуги към БАН“ и много други грамоти.

ЧЕСТИТ ЮБИЛЕЙ!

ПП. Проф. Ловчинов продължава да твори, да радва се на добро здраве и на любовта на семейството и приятелите си. За неговите сегашни творчески занимания можем да пишем в някой следващ брой.

ЩРИХИ ОТ ИСТОРИЯТА НА ФИЗИЧЕСКИЯ ФАКУЛТЕТ ПРИ СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ

Пенка Лазарова

Университетът – началото

След Освобождението първите правителства на Княжество България, в контекста на основните задачи по изграждането на младата българска държава, полагат усилия за създаването на класически и реални гимназии, насърчават завършилите тези гимназии да следват в западни университети с цел подготовката на необходимите кадри за ръководството и организацията на държавните институции. Но това скоро се оказва недостатъчно и неперспективно. На преден план продължава да се откроява острата нужда от специалисти, но създадени и възпитани на национална почва.

Чехът Константин Иречек – главен секретар на Министерството на просветата, обосновава още през 1880 г. необходимостта от откриването в най-скоро време на Висше училище в България. В новия „Основен закон за училищата“, изработен като проект със съдействието на Иречек, изрично се предвижда *„отваряне на едно българско високо училище (университет), което да обнема юридическите, философските, естествените, медицинските и техническите науки“*. В изложението си до княз Александър I Батенберг относно учебното дело Иречек, като министър на просветата през 1881 г., настоява да се открие след „две-три години“ един български университет. Нещо повече – на 6 октомври 1882 г. той записва в дневника си пресметнатите от него разходи за този университет, като предвижда около 300 000 франка годишно разходи за един тригодишен курс в три факултета: Историко-филологически (с 5 професори), Физико-математически (6 професори) и Юридически (7 професори), а за сграда предлага „сегашната мъжка гимназия“ [1]. През 1887 г. министърът на просвещението Т. Иванчов издава наредба за откриване на Висш педагогически курс с един отдел – Историко-филологически, към Първа мъжка класическа гимназия в София.

1 октомври 1889 г.

Открива се Висшия педагогически курс „съвсем скромно и без всякакъв шум“ (по думите на акад. Михаил Арnaudов) в новата двуетажна сграда в двора на Първа мъжка гимназия на ул. „Московска“ 49, отредена за трикласно училище (Фотос 1). Сградата е строена по проект на архитект Константин

Йованович, син на родения в България сръбски художник, график и фотограф Анастас Йованович. По-късно тя е надстроена и в нея в продължение на 71 години се помещава Физико-математическият факултет на Университета. Бъдещият петкратен ректор на Университета (1891 – 1892, 1898 – 1899, 1905 – 1906, 1916 – 1917, 1918 – 1919) проф. Иван Георгов е записал в бележника си, че



Фотос 1. Сградата на Първа софийска мъжка класическа гимназия с пристройката за трикласното училище на ул. „Московска“

№ 49, в която е открит Висшият педагогически курс. Фотосът е на придворния фотограф Иван Карастоянов, 80-те години на XIX в. Днес сградата е Факултет по журналистика и масова комуникация.

„на 1/13 октомври 1888 в 9 ½ часа преди обяд, събота, се откри висшият педагогически курс, а занятията захванаха на 3/15 октомври, понеделник... Още от самото начало преподавателите дадоха на своите четения характер на университетски лекции, имайки предвид, че Висшият педагогически курс в основата си е висше учебно заведение, което по-нататък ще се развие в действителен университет...“ [2]. Всекидневната преса отминава без особено внимание събитието, само два-три вестника го отбелязват с по няколко насърчителни думи.

Учебна 1889/90 година

На 1 януари 1889 г. с указ на княз Фердинанд (Фотос 2) влиза в сила приетият на 8 декември 1888 г. от Народното събрание Закон за преобразуването на Висшия педагогически курс във Висше училище (ВУ). В чл. 1 на Закона е определена целта му – „да дава висше образование по разни клонове на науката“. Занятията в Историко-филологическия отдел започват със седем преподаватели – четирима редовни и трима извънредни, наричани символично в обществото „новите седмочисленици“, и 43 студенти, само мъже. Девойките влизат във Висшето училище през 1901 г. На преподавателския съвет на 29 януари 1889 г. се провежда изборът на първия ректор – Александър Теодоров-Балан, преподавател по славянска филология и председател на първия съвет. „Основателите на курса са имали ясно съзнание и за необикновено отговорната си задача, и за всички трудности, с които е трябвало да се справят в началото, когато те са били принудени да изработят някак направо, без по-дълго маене, своите лекции“ е написал (Михаил Арnaudов). Поставя се началото на

По Министерството на Просвѣщеннето.

УКАЗЪ

№ 159.

НИЙ ФЕРДИНАНДЪ I.

Съ Божия милостъ и народната воля

Князь на България,

Обявяваме на всички Наши вѣрноподаници:
Обикновенното Народно Сѣбрание въ своята
редовна сесия прие,
Ний утвърдихме и утвърждаваме слѣдующия:

ЗАКОНЪ

За отваряне на висше училище въ София.

Чл. 1. Въ София се отваря едно висше училище, на което цѣльта е да дава по-високо образование по разни клонове на науката.

Чл. 2. Това учебно заведение ще се съставя отъ разни отдѣли, които Министерството на Просвѣщеннето ще открива постепенно съобразно съ нуждитъ и средствата.

Чл. 3. Учението въ Висшето училище се раздѣля на учебни години, а всяка учебна година състои отъ два семестра.

Чл. 4. Траянето на курса въ всякой отдѣлъ особено се опредѣля отъ Министерския Сѣмитъ.

Фотос 2. Указът № 159 на княз Фердинанд I, утвърдил Закона за създаване на Висше училище, приет от Народното събрание на 8.12.1888 г. и влязъл в сила на 1.01.1889 г.

програмата на ФМО за уч. 1889/1890 г., през зимния и летния семестър 4 часа седмично лекции по физика чете математикът Емануил Иванов (Фотос 3). През летния семестър са предвидени и 2 часа седмично по астрономия.

На 1 октомври 1890 г., като извънреден преподавател по физика и физически упражнения, е назначен Порфирий Иванович Бахметьев (вж. „Светът на физиката“, бр. 4, 2020, с. 349–363).



Фотос 3. Емануил Иванов (1857 – 1925). Преподавател по висш анализ. Първият преподавател по физика във Висшето училище. Ректор на Висшето училище (1890 – 1891, 1891 – 1892, 1893 – 1894). Дописен (1898) и действителен член (1900) на БКД (днешна БАН). Един от инициаторите за учредяването и пръв председател на Физико-математическото дружество в София (14 февруари 1898).

нашата Алма Матер и се осъществява, по думите на петкратния ѝ ректор проф. Димитър Д. Агура, „един народен идеал, а главно, че се попълня нуждата от кадърни деятели в обществения живот“ [1].

Учебна 1890/91 година

Открива се ново, второ отделение на ВУ – Физико-математическо (ФМО), „в което ще се преподават само чисто математически науки, физика и химия“. За студенти се приемат само лица с пълно гимназиално образование. Отделението започва с 4 преподаватели: Емануил Иванов (Фотос 3) – алгебричен анализ и физика, Теодор Монин – дескриптивна и аналитична геометрия, д-р Пенчо Райков – органична химия, д-р Никола Добрев – неорганична химия, и 37 студенти, от които в края на семестъра остават 34. Според

1891 година

Рождена дата на българската физическа наука. В том XLIII, книжка 8, на едно от най-известните и реномирани научни списания – *Annalen der Physik und Chemie*, с. 723 – 747, е отпечатана първата българска научна статия в областта на физиката – „Über den Einfluss der Magnetisirung auf die thermoelektrischen Eigenschaften des Eisens und Nickels“ („Върху влиянието на намагнетизирането върху термоелектрическите свойства на никела и кобалта“). Тя е подписана от преподавателя по физика във Висшето училище в София Порфирий Бахметиев с нов, български адрес във физическата наука: *P. Bachmetjew, Sofia, Phys. Lab. der Hochschule, April 1891* [3].

Учебна 1891/92 година

Към ФМО на Висшето училище се открива **клон по естествени науки**: ботаника, зоология, геология и минералогия. Разширява се обучението по математика, химия и физика, въвежда се, вече не само на книга, преподаването по астрономия. В началото на 1892 г. са назначени възпитаникът на Физико-математическия факултет на Московския университет Марин Бъчеваров – за извънреден преподавател по астрономия, и по физика – Герчо Марковски, защитил докторска дисертация през 1892 г. в Лайпцигския университет. По програмата П. Бахметиев преподава на студентите от I и II курс 3 ч. седмично

лекции по обща физика (електричество) и води 3 ч. упражнения. През летния семестър Марин Бъчеваров чете лекции по сферическа и практическа астрономия по три часа седмично, Герчо Марковски – 2 ч. седмично лекции по експериментална оптика и води 3 ч. упражнения за I, II и III курс (Фотос 4).

На заседанието си от 27.XII.1891 г. Съветът на преподавателите на Висшето училище решава училището вземе участие в Първото пловдивско изложение, сред целите на което е било да се даде „възможност на нашата крехка младеж, от която очакваме бъдещото поколение, да види с очите си и да впечатли в паметта си този жив пример на домогванията на народа ни към прогрес“, както и да се помогне на българските народни учители при възпитанието на бъдещото поколение, защото „просветените хора отдавна се стремят да



Фотос 4. Из програмата за летния семестър на уч. 1891/92 г.

разпространяват знанието“ [4]. Преподаватели от ФМО, членове на специално създадена за целта комисия, подбират материали и пособия, използвани за онагледяване на учебния процес, изработени от учениците на Висшето училище, които през лятото на 1892 г. са представени с успех срещу картинната галерия в главния павилион в Пловдивското изложение. Сред тях е и колекцията от 42 апарати и модели, изработени от студентите във физическата лаборатория под ръководството на П. И. Бахметьев, която е отличена със сребърен медал и на която е посветена специална статия „Апарати и модели, изложени от Физическото отделение при ВУ в София“ във в. „Нашето първо изложение“, бр. 47, 1892, с. 4, отдаваща „на тоя пръв плод на тая практическа школа най-похвално и напълно признателно оценение“. (Фотос 5) [5].



Австрийско-Чешки

При образът на Емил Холарек.

Въ отъдъненето за живописното (въ главния павилион), на дъвета стѣна, е огромна картина, който, ибране, не е останалъ не забѣлжени отъ никой посетителъ на нашата сѣрна живописна галерия. Г-нъ Емилъ Холарекъ, чешки живописецъ, участвува въ изложението не като гостъ съ своимъ тоя образъ, който въ живоото чешко живописно изложение произведе впечатление и смисли добро име. И дѣйствиелно тоя образъ има съ що да прилича зрителитъ; не е само тукъ рѣката на искусството, която тежи въсьмо

* Илюстрацията е извадена отъ вестникъ „Нашето първо изложение“ отъ г-на Бахметьева апарати.

Фотос 5. Вестник „Нашето първо изложение“, бр. 47, 1892, с. 4



Фотос 6. Професор Марин
Бъчеваров (1859 – 1926)

1893 година

Създава се Катедра по астрономия с титуляр проф. Марин Бъчеваров (до 1926 г.) (Фотос 6). Чел е курсове по теоретична астрономия, астрофизика и небесна механика, също и курс по метеорология (1898/9–1905/6). Основател е на Астрономическия институт при Софийския университет (1910). Проф. Бъчеваров е първият българин, извършвал редовни метеорологични наблюдения, един от основоположниците на метеорологичните и геофизични наблюдения в България. Автор е на първия научен труд по климатология [6].

1894 година

Открива се **Астрономическата обсерватория при Висшето училище** – първата астрономическа обсерватория в България и първият и за дълго време единствен строеж, предприет от Висшето училище, а до края на 50-те години на XX в., и единствена астрономическа обсерватория в България. Строителството ѝ започва през 1892 г. по инициатива на проф. Бъчеваров. Старото здание и големият купол са завършени през 1894 г. Първият наблюдателен уред е зрителната тръба на д-р Петър Берон, която неговият племенник Стефан Р. Берон подарява на БКД. Днес тя се съхранява в Националния политехнически музей заедно със собствения телескоп на проф. Бъчеваров. Проф. Бъчеваров обзавежда обсерваторията с модерни за времето си астрономически уреди (екваториал с обектив 160 mm, зенитен 55 mm телескоп, 20 mm екваториал, телескоп на екваториална монтировка „Груб“ с обектив 16 cm и др.), които отначало се използват за учебна работа, а впоследствие и за наблюдения с научна цел (напр. наблюдения на Халеевата комета през 1910 г., публикувани в сп. „Естествознание“, год. 1, 1909/1910) [7].

1894 година

Със закон, приет от Народното събрание през декември 1894 г., се утвърждава **университетският облик и автономията на Висшето училище**. Отделенията се превръщат във факултети, начело с декани, избирани на факултетни съвети. Преподаватели стават извънредни и редовни професори и доценти. Практическите упражнения се водят от асистенти. Според Правилника за приложение на Закона, преподаването на научните дисциплини се разпределя във факултетите по групи, наречени отдели. Във Физико-математическия

факултет (ФМФ) се обособяват 3 отдела: Физико-математически, Химически и Естествен. Първият декан на Физико-математическия факултет е професорът по химия Пенчо Райков.



Фотос 7. Преподаватели и студенти от специалност физика и математика на Висшето училище в София, випуск 1899/1900. Седнали от ляво надясно: Марин Бъчеваров (астрономия), Атанас Тинтеров (математика), Антон Шоурек (дескриптивна геометрия), Емануил Иванов (висш анализ), Порфирий Бахметьев (физика), Спиридон Ганев (аналитична механика)

1897 година

В заседанието си на 4 април 1897 г. Академичният съвет на ВУ приема Правилник на институтите при ФМФ от 1897 г., който определя институтите като „научно тематични заведения, в които се работи практически по специалностите, които те обемат“ (§ 66 от Правилника за Висшето училище). Физическият институт обхваща лабораториите и кабинетите по физика и метеорология, както и Астрономическата обсерватория. Директори на Физическия институт при Софийския университет са били през годините: проф. Порфирий Бахметьев, проф. Александър Христов, проф. Петър Пенчев и проф. Георги Наджаков.

1904 година

На 23 януари 1904 г. с указ е утвърден закон, чл. 1 на който гласи: „Държавното висше училище в София се преименува и преурежда в Университет“. В чл. 3 е определен първоначалният брой на факултетите в него – 3: Историко-филологически с 16 катедри, Физико-математически (Фотос 8) със 17 катедри

и Юридически с 11 катедри. Курсът на обучение трае 8 семестъра. Предвиден е и академичен изпит за получаване на докторска степен по съответните науки.

б) *Физико-математически факултет с два отдела: научен и технически и с катедри:*

- 1) по основи на висшата математика;
- 2) по висши анализ;
- 3) по геометрия;
- 4) по експериментална физика;
- 5) по математическа физика и аналитическа механика;
- 6) по астрономия и геодезия;
- 7) по практическа геометрия и топография;
- 8) по неорганическа и аналитическа химия;
- 9) по органическа и теоретическа химия;
- 10) по земледълческа и индустриална химия;
- 11) по индустриална физика;
- 12) по механическа технология;
- 13) по зоология и ембриология;
- 14) по сравнителна анатомия и хистология;
- 15) по ботаника;
- 16) по минералогия и петрография;
- 17) по геология и палеонтология.

Фотос 8. Структурата на Физико-математическия факултет според закона от 1904 г.

Учебна 1905/06 година

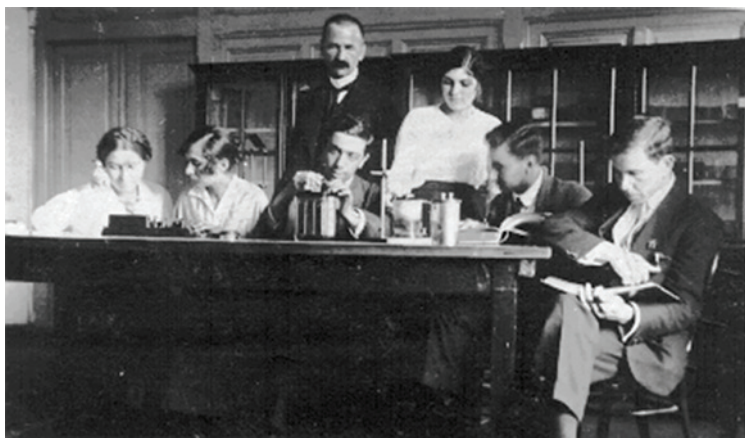
В учебния план за 1905/06 г., одобрен на заседание от 28.06.1904 г. (Фотос 9), във ФМФ се предвижда изучаването на експериментална физика (16 ч. седм. през I, II, III, и IV полугодие); астрономия (сферична) с практика 3 ч. през V полугодие и 2 ч. през VI полугодие и метеорология по 2 ч. през III и IV полугодие, като главни предмети с общи упражнения по експериментална физика и метеорология по 2 ч. през II, III, IV, V, VI и VII полугодие и по 4 ч. през VIII полугодие, и по астрономия – 2 ч. седмично през VII и VIII полугодие.

Предвижда се в отдела по химически науки експериментална физика с практически упражнения да се изучава като второстепенен предмет, а също и при природните науки. Препоръчва се „студент, който мисли да избере физика за своя специалност, нека слуша неорганическа химия през 2 полугодия и нека прави практически упражнения по нея... такива студенти правят практически упражнения по физика през 7 полугодие... Студент, който мисли да избере математика за своя специалност, прави практически упражнения по физика през 3 полугодия.... Студент, който мисли да избере минералогия или геология за своя специалност, нека слуша по физика отделът по оптика... препоръчва се на студентите да слушат педагогика, психология, история и философия“.

продължава в следващия брой

The image shows three pages of a handwritten protocol. The text is in Bulgarian and contains several tables with columns for names and numerical data. The handwriting is in cursive, typical of the early 20th century. The tables appear to be lists of names and their corresponding numerical values, possibly representing attendance or scores.

Фотос 9. Протокол от заседание на Съвета на преподавателите от 28.VI.1904 г. с утвърждения учебен план на Физико-математическия факултет



Фотос 10. Проф. Александър Христов със студенти във Физическата лаборатория на ФМФ (13.06.1915). Проф. Христов (1872 – 1951) е следвал физика и математика в Йена и Лайпциг и защитил докторска дисертация в Лайпцигския университет (1896) при проф. Видеман. Редовен доцент е по експериментална физика (1909), извънреден професор (1915), редовен професор, титуляр на Катедрата по експериментална физика (1920 – 1937). Голяма част от неговите научни работи (молекулна физика) са публикувани в *Zeitschrift für Phys. Chemie*.

Литература

1. Михаил Арнаудов. История на Софийския университет Св. Климент Охридски през първото му полустолетие (1888 – 1938). Придворна печатница, София, 1939.
2. Алманах на Софийския университет Св. Климент Охридски. Животоописания и книгописни сведения за преподавателите. Придворна печатница, С., 1940.
3. Пенка Лазарова, Димитър Христов. За началото на физическите науки в България. Наука, т. XXII, бр. 1, 2012, с. 27 – 31.
4. Нашето първо изложение, бр. 1 и 2 дек., 1891, с. 1.
5. Апарати и модели, изложени от Физическото отделение при ВУ в София. Нашето първо изложение, бр. 47, 31.X.1892, с. 3 – 4.
6. Валери Голев, Антоанета Антонова, Любов Филипова. Катедра „Астрономия“ – години на растеж . В: 50 години Физически факултет. Годишник на Софийския университет „Св. Климент Охридски“. Юбилейно издание. Унив. изд. „Св. Климент Охридски“, София, 2015, с. 26 – 39.
7. Георги Иванов. Астрономията в Софийския университет. Publ. Astron. Obs. Belgrade, №64, p. 45 – 52.
8. Пламен Физиев. 90 години катедра „Теоретична физика“. В: 50 години Физически факултет. Годишник на Софийския университет „Св. Климент Охридски“. Юбилейно издание. Унив. изд. „Св. Климент Охридски“, София, 2015, с. 63 – 73.
9. Саздо Иванов, Пенка Лазарова, Георги Наджаков. Университетско издателство „Климент Охридски“, София, 1989.
10. Пенка Лазарова, Никола Балабанов. Професор д-р Елисавета Карамихайлова – първият български ядрен физик. Издателска къща Тип-топ Прес ООД, С., 2013.
11. Пенка Лазарова. Ролята на Физико-математическия факултет за организирането на Висшето техническо училище в София. Наука, т. XIV, бр. 1, 2004, с. 31 – 33.
12. Пенка Лазарова, Александър Ваврек. Първите 60 години от развитието на преподаването и научните изследвания по физика в Софийския университет „Св. Климент Охридски“. В: Видни физици от Софийския университет „Св. Климент Охридски“. Съст. проф. дфзн Иван Лалов. Унив. изд. „Св. Климент Охридски“, С., 2014, с. 11 – 61.
13. Пенка Лазарова, Любов Филипова, Бистра Константинова. Изложба „100 години Физико-математически факултет“ (ноември-декември, 1989 г. Централно фоайе на Софийския университет). Тематико-експозиционен план. НА на НПТМ.
14. Цвета Тодорова. Ректорите на Софийския университет „Св. Климент Охридски“. Унив. изд. „Св. Климент Охридски“, С., 2009.
15. Бележити български физици. Под редакцията на Параскева Симова. Държ. изд. „Народна просвета“, С., 1981.
16. Димитър Христов, Мариана Кънева. Физико-математическият факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ 1889 – 1963. АЛМАНАХ. Ред. Д. Христов. Изд. „Фараго“, С., 2008, 92 с., 4 ил.
17. Димитър Христов и кол. Професорите в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ 1888 – 1939. Ред. Д. Христов. Изд. „Фараго“, С., 2008, 99 с., 2 ил.

BITS OF THE HISTORY OF THE FACULTY OF PHYSICS OF SOFIA UNIVERSITY

Penka Lazarova

Higher education in physics in Bulgaria starts with the foundation of the Department of Physics and Mathematics at the Higher School in the 1899/1900 academic year – the second school year of our Alma Mater. Some important moments from the history of the Faculty of Physics till 1963 are presented, when it becomes an independent structure of Sofia University.

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 същия адрес.

Броевете на списанието можете да намерите на сайта ни

wop.phys.uni-sofia.bg

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



МОЕТО БЪДЕЩЕ НА СПЕЦИАЛИСТ – МЕЧТИ, ПЛАНОВЕ И РЕАЛНОСТ

Стефан Стефанов¹

Една от най-величествените гледки на Земята е нощното небе далеч от светлините на града. Небето, черно като мастило, изглежда сякаш е покрито с хиляди светли песъчинки, всяка загатваща за тайните на необятния Космос. Невероятните красоти на астрономията запленяват всеки, който се докосне до нея. Един от най-ярките ми детски спомени е точно такъв, една история за древния герой Орион, разказана под сияещото зимно небе. Както много други, започнах да проявявам по-сериозен интерес към науката за Космоса в опитите си да фотографирам Млечния път. Новото ми хоби ме научи на много и ми разкри колко неизследван и загадъчен е Космосът. Така интересът ми към астрономията ме заведе на няколко Национални олимпиади и към края на гимназиалния етап аз знаех, че искам да стана учен и да се реализирам като такъв в България. В момента работя това, което си мечтаех от малък – оператор на двуметровия Ричи-Кретиен-Куде телескоп, намиращ се в Националната астрономическа обсерватория „Рожен“. Научният ми интерес се състои в изследването на двойни системи от звезди, при които има звезда бяло джудже, върху която попада материя „открадната“ от другата звезда-компаньон.

Астрофизиката, наред с други фундаментални науки, има за цел да отговори на големите въпроси, като: „Как се е зародила Вселената и какво е нейното бъдеще?“ и „Колко е голяма и от какво е изградена тя?“. Почти всички такива въпроси все още нямат отговори, но на въпроса: „Каква е възрастта на Вселената?“, отговор има. През 1929 г. астрономът Едуин Хъбъл прави невероятното откритие, че колкото по-далеч се намира една галактика от Земята, толкова по-бързо тя се отдалечава от нас. Следователно Вселената се разширява и в далечното минало тя е била толкова малка, че цялата е била една точка. Знаейки скоростта на отдалечаване и разстоянието от нас до много галактики, може да се пресметне времето, за което те са се отдалечили от една точка. Така възрастта на Вселената се оценява на 13,77 млрд. години.

Скоростта на отдалечаване може лесно да се пресметне чрез спектрални изследвания, но измерването на разстоянието до далечните галактики е много трудна задача. Единственият начин да се направи такова измерване е чрез

¹ Носител на стипендията на фондация „Еврика“ за постижения в овладяването на знания в областта на физиката на името на акад. Георги Наджаков за уч. 2021/2022 г.

наблюдения на свръхнови от тип Ia в някоя далечна галактика. Такива звездни експлозии се пораждат от двойни системи звезди – бяло джудже и червен гигант. Бяло джудже представлява звезда в краен стадий на еволюция с маса, сравнима с тази на Слънцето, но с размери, сравними с тези на Земята, а звездите червени гиганти са много по-големи от Слънцето, но по-студени. Материя изтича от червения гигант в бялото джудже и то я трупва по повърхността си, увеличавайки своята маса. При превишаването на масата на джуджето над определена граница на стабилност, голяма част от състава на малката звезда-джудже се синтезира термоядрено и това води до една от най-ярките и зрелищни експлозии в нашата Вселена. Теоретично може да се оцени истинската яркост на тези експлозии. Знаейки видимата яркост на свръхновата и нейната истинска яркост, може да се оцени разстоянието между нас и далечното избухване.

На 9 август тази година двойната система RS Oph в съзвездието „Змиеносец“ избухна като „нова“. Тази двойна система се състои от червен гигант и бяло джудже, но при такова избухване само част от повърхността на джуджето претърпява термоядрен синтез и системата не се разрушава. Такива избухвания се наричат „нови“ и се повтарят, докато накрая звездата не избухне като тип Ia свръхнова. RS Oph избухва като нова средно всеки 15 години и за щастие това събитие се случи по време на лятната лагер-школа по астрономия и астрофизика „Бели Брези“, където аз бях ръководител на групата по спектроскопия. Получените спектри от работната група заедно със спектри от НАО „Рожен“ са използвани в научна статия, описваща физиката на избухването.

Моят първи научен труд, публикуван в научно списание, описва поведението на двойната катаклизмична система LS Cam в съзвездието „Жираф“, използвайки данни от космическия телескоп TESS. При катаклизмичните двойни системи изтичащото вещество образува диск от материя около бялото джудже, наречен „акреционен диск“. Интересното при LS Cam е, че този диск променя своята яркост, като прецесира подобно на Луната при нейното движение около Земята.

Друга сходна система е BG Tr1 в съзвездието „Триъгълник“, за която има наблюдения, получени от лагер-школата „Бели Брези“ и от няколко телескопа в НАО „Рожен“. Данните показват промяна във физичните параметри на акреционния диск и са нужни допълнителни наблюдения следващите месеци, за да се изгради добър модел, описващ процесите, пораждащи промяната в яркостта на системата.

Силно мотивиран съм да продължа да работя по проблеми в областта и със сигурност ще продължа своето образование в това направление. Вярвам, че ще запазя „тръпката“ на астрономията в себе си и ще се реализирам успешно като учен в моята родина.

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

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

Корица: Бетонните основи на комплекса Токамак от проекта ITER,
Изследователски център Кадараш, Франция.

Източник: <https://fusionforenergy.europa.eu/the-story-so-far/>

НАШИТЕ АВТОРИ:

Петко Б. Кръстев – гл. ас. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена
енергетика, Българска академия на науките;

Димитър Иванов – Консултант към СМО. Директор по публично-частно
партньорство, СМО, Женева, до м. юли 2021 г.;

Ана Георгиева – проф. д.фз.н., Институт за изследвания на климата,
атмосферата и водите, Българска академия на науките;

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

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

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

Савина Кирилова – д-р, Завеждащ филиална библиотека „Химия и
фармация“, Университетска библиотека, Софийски университет
„Св. Климент Охридски“;

Никола Антонов – Сдружение „Звездно общество“,
<https://astroblognikola.blogspot.com/>;

Пенка Лазарова – физик, Съюз на учените в България;

Стефан Стефанов – студент, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“.

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

Фондацията осъществява пет програми:

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

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

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

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

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

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

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 2'2022 СЪДЪРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННО

НАУКА

- П. Б. Кръстев – Възможности на физичния метод за изследване, основан върху физичния ефект ядрен гама-резонанс и приложения на Мьосбауеровата спектроскопия, 2 част
– Д. Иванов – Бъдещето на прогнозите за времето и климата
– А. Георгиева, Б. Георгиев – За термоядрените реактори и ще станат ли те реалност?

НАГРАДИ

- Удостояване на проф. д.фз.н. Евгения Вълчева и проф. д.фз.н. Румен Ценов с почетния знак „Св. Климент Охридски“ със синя лента

ИНТЕРВЮ

- 35 под 35: Виктор Данчев

НАУКА И ОБЩЕСТВО

- С. Кирилова – Ще оцелее ли конвенционалният модел на *peer review*?
– Н. Антонов – Астрофотографията – между изкуството и науката

ЮБИЛЕЙ

- 80-годишен юбилей на Васил Ловчинов

ИСТОРИЯ

- П. Лазарова – Щрихи от историята на Физическия факултет при Софийския университет

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

- С. Стефанов – Моето бъдеще на специалист – мечти, планове и реалност

THE WORLD OF PHYSICS 2'2022 CONTENTS

EDITORIAL 73

SCIENCE

- P. B. Krastev – Possibilities of the Physical Method of Research Based on the Physical Effect Nuclear Gamma Resonance and Applications of Mössbauer Spectroscopy, part 2 75
– D. Ivanov – The Future of Weather and Climate Forecasts 84
– A. Georgieva, B. Georgiev – About the Thermonuclear Reactors and will They Become a Reality? 102

AWARDS

- Prof. D.Sc. Evgenia Valcheva and Prof. D.Sc. Rumen Tsenov honored with the badge of honor „St. Kliment Ohridski“ with a blue ribbon 114

INTERVIEW

- 35 under 35: Victor Danchev 118

SCIENCE AND SOCIETY

- S. Kirilova – Will the Traditional Peer Review Model Survive? 128
– N. Antonov – Astrophotography – between art and science 137

JUBILEE

- Vasil Lovchinov's 80th Anniversary 142

HISTORY

- P. Lazarova – Bits of the History of the Faculty of Physics of Sofia University 145

YOUNG RESEARCHERS

- S. Stefanov – My Future as a Specialist – Dreams, Plans and Reality 156