



съюз на физиците
в БЪЛГАРИЯ

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

1'24

Съвременните
термоядрени
реактори

WORLD OF PHYSICS

Популяризирането на физиката
и устойчивото развитие

Какво ново във физиката през 2023 г.

С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XLVII, кн. 1, 2024 г.

Издание на Съюза на физиците в България

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

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Сашка Александрова

ЗАМЕСТНИК-ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Ана Георгиева, Мариана Кънева

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

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

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

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

ВОДЕЩ БРОЯ:

Сашка Александрова

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 8161 684

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861-4210

РЕДАКЦИОННО

Натрупването на знания, които водят до подобряване на нашия живот, е по същество голяма част от историята на земната цивилизация. Това е процес, продължаващ от Древността до наши дни, който се случва чрез наблюдения, експерименти, натрупване на факти, открития и, следвайки пътя на науката – осмисляне и обяснение. Често пъти при получени нови интересни резултати се говори за пробиви. Може би трябва да уточним кога да говорим за откритие, постижение или пробив. Не всяко постижение или откритие води до пробив, т.е. до смяна на основни положения, смяна на парадигмите и възникване на цели нови области и направления, както се е случило преди около 100 години в началото на ХХ в. Необходима е дистанция във времето, докато това се случи. Следват години на усилена работа за развитие и надграждане. В тази връзка ми се иска да цитирам Принеха Наранг (*Prineha Narang*), професор по физични науки в Калифорнийския университет в Лос Анджелис (UCLA), където ръководи интердисциплинарна група по теоретични и компютърни науки. Тя пише, че науката има много общо с бягането на дълги разстояния. *„Нещо, което се опитвам да предам на младите учени е, че не всичко трябва да дойде при тях незабавно. Искам хората да изпитват вълнение, когато работят по дадена тема. Пътят може да бъде дълъг и това е ОК“*.

Ако погледнем назад към отминалата вече 2023 г., като че ли не виждаме невероятни открития, но пък имаше редица открояващи се постижения както във фундаменталната област, така и в

приложенията в практиката. На постиженията на физиката в различни области е посветена статията ни за най-ярките от тях. Разбрахме ли нещо ново за „ранните години“ на нашата Вселена с помощта на „Джеймс Уеб“? Може ли да очакваме живот на друга екзопланета, щом са открити „молекулите на живота“? Говори ли ни нещо за Стандартния модел аномалният магнитен момент на мюона? Знаете ли за осъществяването на интерфейс мозък-гръбначен стълб, едно наистина невероятно приложно постижение – триумф на фундаменталната наука, което подпомага присъединяване към живота в обществото? За откритията, които може да не променят живота ни веднага, но все пак ще придвижат изследванията и технологиите напред, прочетете в настоящия брой на списанието.

Неведнъж сме писали за необходимостта от популяризиране на образованието и на научните изследвания по физика – това е една от целите, даже най-главната, на „Светът на физиката“. Статията на проф. А. Драйшу ни напомня, че популяризирането на физиката е необходима стъпка по пътя към устойчиво развитие. Също така, че *„Не е необходимо всички да са изкушени от фундаменталните науки, в частност – от физиката, но е добре да разбират света, в който живеят, за да живеят пълноценно“*, както и че *„Това е особено важно за управляващите на различни нива, тъй като решенията, които те вземат, се влияят както от липса на здрави фундаментални и на конкретни знания, така и от мотивации, нямащи нищо общо с научните данни и с изводите от*

тях“. Да не забравяме, че обучението е процес и е важно той да започва още от преди училищната възраст и като продължаващо обучение през целия живот.

Да напомним за често оставащата скрита роля на учителя. Нека отново спомена проф. Принеха Наранг. Тя е много добра в спорта и в ученическите си години смята да се развива в такава посока. Макар че винаги е била много добра по математика и природни науки, никога не мислела за тях като за кариера. Всъщност тъкмо треньорът ѝ по лека атлетика е този, който внимателно я насочва към STEM (наука, технологии, инженерство и математика). Той ѝ казва: „*Ти си добра в бягането, но чувам, че си наистина добра в математиката и науката*“ и се оказва прав. Така физиката става нейна професия и призвание. Тя и до днес се занимава с бягане и планинско катерене. Това ѝ напомня, че науката има много общо с бягането на далечни разстояния.

Навярно всички знаем за същността на термоядрения синтез и какви са мотивите ни да го използваме за производство на енергия. Дали популярната в продължение на много десетилетия сред изследователите шега, че „от ядрения синтез ни делят 30 години и винаги ще бъде така“, е вярна? Прочетете за историята на усъвършенстването на съвременните термоядрени реактори и как те се вписват в една термоядрена централа.

Прочетете в настоящия брой какви са мечтите, плановете и предизвикателствата за трима млади учени, за открития преди 100 години ефект на Комптън като доказателство в подкрепа на теорията за корпускуларно-вълновия дуализъм на светлината и съвременните му приложения в експерименталната ядрена физика и астрофизиката, запознайте се с новини от различни области на физиката и с други интересни четива.

Сашка Александрова

главен редактор на „Светът на физиката“

ХАРЕСАЙТЕ СТРАНИЦАТА НА СПИСАНИЕТО ВЪВ FACEBOOK

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

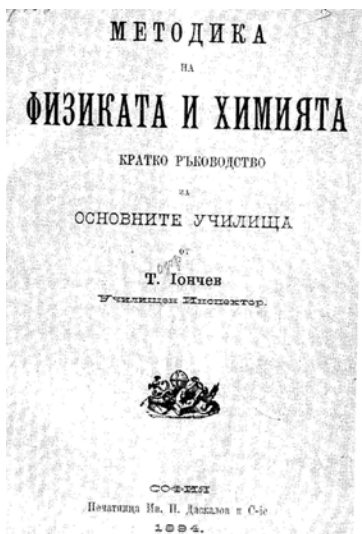
ПОПУЛЯРИЗИРАНЕТО НА ФИЗИКАТА – НЕОБХОДИМА СЪТЪПКА ПО ПЪТЯ КЪМ УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ*

Александър Драйшу

Ще направя опит да споделя някои свои мисли за необходимостта от популяризиране на образованието и на научните изследвания по физика. Говорейки за физика, искам ми се да вярвам, че казаното може би в известна степен се отнася и за другите фундаментални науки.

Не съм на нивото да опитвам да определя какво е физиката, но бих цитирал

авторитети, които очертават някои нейни страни. От една презентация на доц. Мая Гайдарова за развитието на физиката през Възраждането особено впечатление ми направи написаното от училищния инспектор Тодор Йончев през вече далечната 1894 г. в неговото кратко ръководство за основните училища, озаглавено „Методика на физиката и химията“:



Стр.22

“...опитите не са нищо друго, освен зададени въпроси на природата. За да се разбере това, що ще ни отговори, трябва да наблюдаваме точно началото, траението и края на нейните прояви. Изучим ли ги точно явленията, тогаз се захващаме да ги сравняваме помежду, да търсиме, по що си приличат, по що не, и дохождаме до умозаклучения, а чрез тях до системи, теории и хипотези. Така се изучава природата и е възможно да вникнем що годе в тайните на непонятните още нам сили, които правят, крепят и управляват целата Вселенна...”

Това покойният академик Матей Матеев, безспорен авторитет сред колегията и изявен физик-теоретик, кратко формулира пред Факултетния съвет на Физически факултет: „Физиката е експериментална наука!“.

Как да опитаме да очертаем какво е „устойчиво развитие“? В областта на физиката и на фундаменталните науки това

е приблизително ясно. За мен прекрасно го формулира Карл Сейгън в книгата си „Космос“: „На Земята няма друг вид, който да се занимава с наука. Поне засега тя си остава единствено човешко изобретение, развито в мозъчната кора – вследствие от естествения подбор и по една единствена проста причина – защото върши работа. Науката не

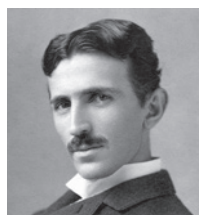
*Текстът на статията се базира на доклад, изнесен на 51-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика (април 2023 г., София).

е свършена – може да бъде използвана за лоши цели. Тя е само инструмент, но със сигурност е най-добрият инструмент, с който разполагаме – способен да се самокоригира и развива, и приложим към всичко“. Малко по-малко оптимистично, на друго място той пише „...ние, хората, сме постигнали съмнителната техническа характеристика да можем да си създадем свои собствени катастрофи – както целенасочени, така и по невнимание“.

Ако приемем, че разбираме обхвата

„The scientific man does not aim at an immediate result. He does not expect that his advanced ideas will be readily taken up. His work is like that of the planter – for the future. His duty is to lay the foundation for those who are to come, and point the way“

Nikola Tesla



Не мога да ги формулирам по-добре от Никола Тесла, който казва: „Човекът на науката няма за цел незабавния резултат. Той не очаква, че напредничавите му идеи веднага ще бъдат възприети. Работата му е като на земеделеца – за бъдещето. Неговият дълг е да положи основата за тези, които идват, и да покаже пътя“. Ако Тесла добре е описал ролята и на учителя, а университетските преподаватели са и учители, то дали думите му, в по-общ план, не очертават и дълга на родителя да възпитава децата си? Според мен отговорът е „ДА“.

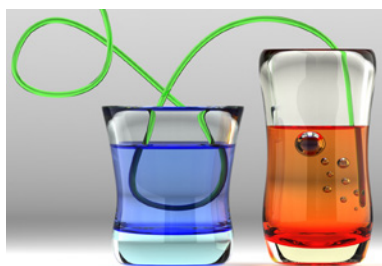
Поне в началото, ценностните системи на младите хора се изграждат в семейството и в училището. Да вменим цялата отговорност на учителите е просто нереално, най-малкото защото би било късно. Биха били пропуснати първите 7 години... Убеден съм, че българският учител, с авторитета, професионализма

на думите „устойчиво развитие“, добре е да си дадем сметка в името на какво се стремим към него. Един относително повърхностен отговор би могъл да бъде: *В името на децата, на младите и на не толкова младите хора, в името на следващите поколения!* Естествено изниква въпросът за образованието на хората – и на тези, изкушени от красотата на физиката, и на тези, просто желаещи да разбират света, в който живеят. И така стигнахме до ролята на изследователя и до ролята на учителя.

и човешките си качества, всеки по своему, възпитава учениците си в непреходните човешки ценности. Но възпитанието започва далеч по-рано, в семейната среда. Би могла ценностната система, която семейството изповядва и възпитава, да е под мотото „бързи пари – лъскава опаковка“. Не мисля, че тя би довела до „развитие“, макар че би могла да доведе до устойчиви нагласи. Съвсем опростено, под „устойчиво развитие“ разбирам такова, на базата на здрави морални и етични норми, възпитавани в семейството и доизградени от достойни български учители. Разбирам интелектуално развитие, което започва от това детето да задава въпроси, започващи със „защо?“, а младият човек – въпроси, започващи с „а не може ли...?“. Ако развитието на един млад човек върви така, той ще гледа света с отворени очи, ще го разбира, ще може да осмисля огромната фактология, достъпна в Ин-

тернет, ще може да формулира физически смислени въпроси, ще може да търси отговорите им. Не е необходимо всички да са изкушени от фундаменталните науки, в частност – от физиката, но е добре да разбират света, в който живеят, за да живеят пълноценно.

Тук, за мен се очертава важността на популяризирането на физиката преди училищната възраст, в семейството, като междинно звено между обучението по физика в училищната степен и в държавните висши училища, също и като продължаващо обучение и популяризиране през целия живот. (Визирам държавните висши училища, тъй като такова финансово скъпо, макар и ценно за обществото образование, в България се води само в тях...). Вероятно поради пристрастията ми в оптиката и сродните ѝ области, примерите, които ще си позволя да дам, са основно оттам.



Когато малкото дете стои пред чашата с топъл чай, би могло да му се обясни, поне приблизително, че сламката или чаената лъжичка се вижда като счупена, защото двете ѝ части се виждат през две различни среди – въздух и течност, едната – рядка, другата – плътна.

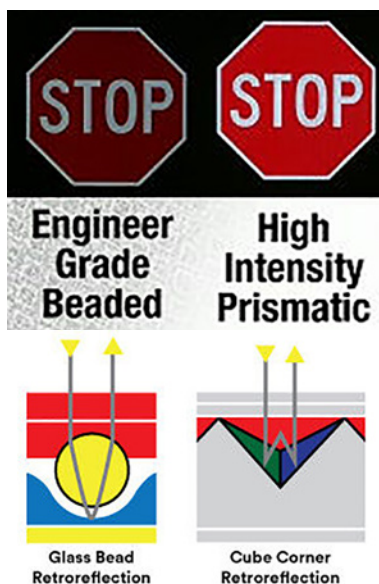
Всеки родител естествено се стреми да запази живота и здравето на детето си. Когато му обяснява правилата за пресичане на улица, със сигурност би могъл да

му обясни, че колкото по-бързо се движи една кола, толкова по-дълъг път изминава, докато спре. На тази възраст проблемът за кинетичната енергия и за силата на триене не са толкова важни.



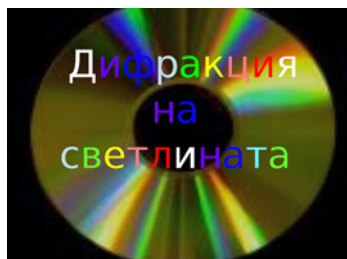
Всеки родител се стреми да пази детето си. Тогава би могъл да му обясни, че когато в мъглив ден светлините на фаровете на колите се разсейват, за шофьорите видимостта спада и трябва особено много да се внимава.

Формирането на дъга, въпросът за цвета на земния небосвод, за цвета на небето на други планети, за Релеевото разсейване – те предполагат обяснения на по-напреднали ученици. Но те, ентузиазирани от получените нови знания, биха



могли да ги припомнят на родителите си.

На по-големи деца може да се обясни по-високото отражение на обновените пътни знаци – смисъла на това, какво е отражение, какво е насочено отражение, как работи трипъл призма (ретрорефлектор) и че може приблизително такава структура да се формира с печатарска технология.



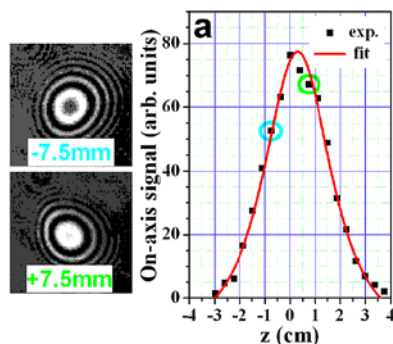
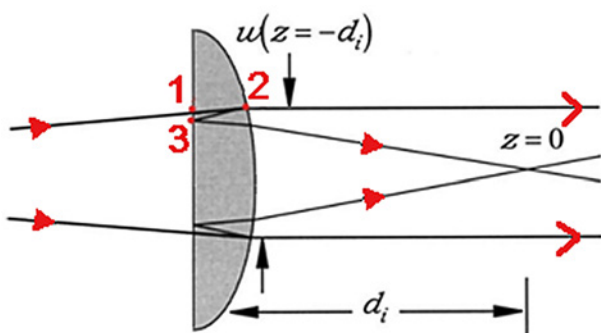
Че светлината е нещо красиво, детето за пореден път ще види и осъзнае, виждайки дифракция на светлина от повърхността на CD. Не е необходимо на неговата крехка възраст да разбере защо се случва, но е добре да почувства красотата на цветовете.

Поотраснало, неминуемо родителите учат детето да работи с пари. Тогава не е ли времето да му обърнат внимание върху холограмните защиты на банкнотите – не единствено върху смисъла им, а върху дифракционния ефект и върху това, че при копиране той се губи. Това е не лош повод самите родители да си припомнят кой е

Петър Берон и какво представлява „Рибният буквар“...



Отражението и пречупването на светлината на границата между среди с различни показатели на пречупване и интерференцията се преподават, разбира се. Биха могли и да се обединят, и да се постави един прост и много нагледен експеримент – интерференция в интерферометър с една леща. Ако трябва да съм откровен, съвсем отскоро аз и моите колеги го ползваме, когато е подходящо. Всъщност експериментът предполага лазер (лазерна показалка), съвсем обикновена фокусираща леща, без никакво антиотражателно покритие, и CCD-камера (например такава от мобилен телефон). Особено показателно е, че дифракцията от пращинка прилича на интерференционната картина в този интерферометър, но интерференционната картина се наблюдава само в много тясна област около вторичния фокус на лещата, а дифракцията – практически винаги.



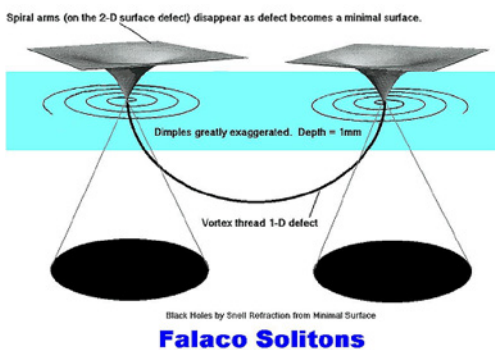


И млади, и възрастни, разхождайки се сред природата, са виждали водовъртеж във водна повърхност. Един от тях, изкушен от въпроса „защо?“, би могъл да потърси аналогия между водовъртежа във вода и торнадото, да помисли за сингулярност в полето на скоростта на флуида и да стигне до обяснението за „покоя в окоето на бурята“.

С още малко фантазия, защо да не се опитаме да си представим черна дупка? Гравитационна сингулярност? Хоризонт

на събитията?

За малко дете демонстрацията би могла да бъде много по-достъпна – „водовъртеж“, предизвикан в чаша чай с лъжичка или солитон на Фалако в детския басейн с вода. Те, разбира се, могат да се обяснят и просто, но физически вярно, и по-сложно, но достъпно – най-много с промяна на профила на водната повърхност и по-високия показател на пречупване на водата спрямо този на въздуха.



Adapted from O. Tønkvist and E. Schröder, PRL, 79, 10 1987 p. 1980

По една или по друга причина, почти всеки вече ползва и носи у себе си мобилен телефон. Колко от нас обаче си дават сметка как почти винаги можем да се свържем с желания партньор за разговор, независимо дали седим неподвижни, вървим или се движим с висока скорост в превозно средство? Защо телефоните се обозначават като „клетъчни“, преди да станат „смартфони“? Дали всъщност комуникацията от клетка, в която телефонът ни е регистриран в момента, до базова станция и оттам – до клетката на партньора в разговора ни, не е оптична комуникация? (Да, особено в градски условия!). Това са въпроси, на които всеки би могъл да потърси отговора и така малко по-добре да започне да разбира заобикалящия ни свят и ... електромагнитния смог...

Тук е крайно време да спра с примерите и да отправя посланията си.

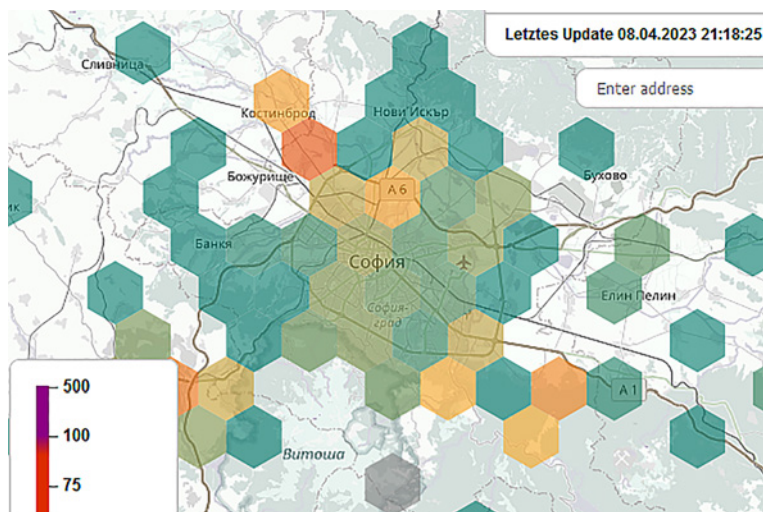
Да възпитаваме децата и внуците си като мислещи хора, задаващи въпроси „защо?“ и „как?“. В тях е надеждата за устойчиво развитие, защото те ще са двигателите на развитието. Устойчивостта се

цели в името на тяхното бъдеще. Може би тези израснали млади хора ще започнат, плахо или не, да обясняват явленията в света на родителите си и на възрастните си баба и дядо. Те, от своя страна, ще започнат също малко по-добре да разбират света и ще се чувстват по-комфортно в него. Може би младите хора биха могли да стимулират по-възрастните към така нареченото „учене през целия живот“.

Защо това е важно да се прави както с ентузиазъм, така и с научна прецизност? Бих дал пример с т.нар. „гражданска наука“. Конкурсът на Европейското физическо дружество EPS *Citizen Science Competition* стартира в рамките на проекта *Surrounded by Science* – проект, финансиран от Европейския съюз. Той има за цел да насърчи научните дейности извън училище, които могат да повишат интереса на широката общественост към науката.

Следващата информация е от сайта <https://airbg.info/>.

„Какво е Citizen Science? Citizen Science – включете се и Вие! Проектите [Luftdaten.info](https://luftdaten.info/)/[AirBG.info](https://airbg.info/) за измерване на

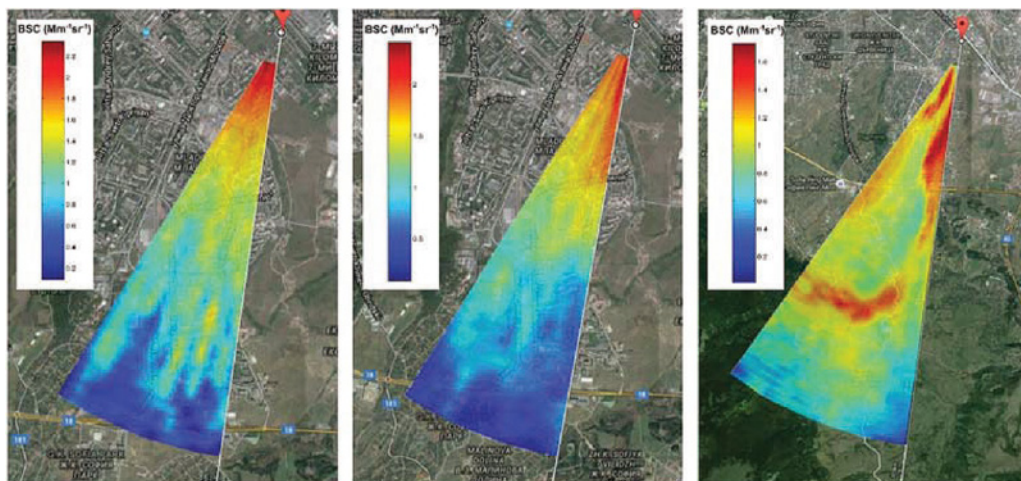


фините прахови частици (ФПЧ) в заобикалящата ни среда са блестящ пример за Гражданска наука (Citizen Science). Може да станете един от многото сглобили сами или осиновили измервателни станции, като инсталирате станция у дома, в офиса, на вилата, при ваши роднини и приятели“.

Личното ми мнение е, че една такава хубава инициатива бе зле организирана, поне в София. В началото средствата за масова информация ѝ даваха много голяма гласност, zakлеймявайки относително по-ниските стойности от 5-те станции на Изпълнителната агенция по околна среда в София, която е към Министерството на околната среда и водите (6-ата е на „Копитото“, на Витоша). Един „частен“ сензор преди около 5 години струваше около 40 евро, но с такива сензори, монтирани в нерегулирани условия, например до комини и барбекюта, се zakлеймяваха прецизни апаратури на МОСВ. След като активистите бяха убедени, че сензорите им трябва да бъдат калибрирани в контролирани условия спрямо данните на станциите на МОСВ, данните от гражданската мрежа започнаха добре да се съгласуват

с „официалните“ и ... пикантността на темата намаля. Единственият смислен резултат бе, че Софийската община купи (по програма „Балкани-Средиземно море“ (2014 – 2020) на Европейския съюз, съфинансирана от Националния бюджет) и въведе в експлоатация 22 сензорни станции за фини прахови частици (проект AIRTHINGS). С други думи – на 22 места в София има показания за концентрация на фини прахови частици, за които на сайта на Софийска община пише: „Данните са индикативни и поради спецификата на използваните технологии в сензорните станции, при определени условия, е възможно отклонение в измерените показатели“.

Научно прецизната техника на лазерно сондиране на атмосферата и измерване на аерозолно обратно разсейване още преди това е била демонстрирана на Софийска община с възможностите експресно (за около 2 минути по направление) да локализира източниците на тези замърсявания с разделителна способност под 20 метра. Посрещнати на думи много добре, тези измерителни техники и данни впоследствие са напълно negliжирани от



Софийска община.

Управляващите и журналистите, пишещи за наука, трябва да бъдат ограмотявани. Това е особено важно за управляващите на различни нива, тъй като решенията, които те вземат, се влияят както от липса на здрави фундаментални и на конкретни знания, така и от мотивации, нямащи нищо общо с научните данни и с изводите от тях.

И въпреки всичко, трябва да вървим устойчиво и напред. Личното си място и дълг виждам в донякъде закъснелия опит да организирам колеги-съмишленици за цикъл от лекции на популярно ниво, за

всички заинтересовани, за постиженията и предизвикателствата пред физиката. Така поне разочарованите от риалити шоута от типа на „Биг Брадър“ и „Ергенът“ биха отделили малко време да направят нещо добро за себе си, за разбиранията си за света, защо не – и за близките си. Ако приложат на дело призива „Предай нататък“, уверен съм в устойчивото развитие на страната ни. Напълно наясно съм, че популяризирането на постиженията на физиката може само да съпровожда обучението и научните изследвания, но мисля, че не е за пренебрегване.

СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“, СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ, КАТЕДРА „ФИЗИКА“ КЪМ МИННО-ГЕОЛОЖКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВЕТИ ИВАН РИЛСКИ“ И СТОЛИЧНА БИБЛИОТЕКА

организират лектория

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА НА ЖИВО

с публични лекции на настоящи и бъдещи автори на
сп. „Светът на физиката“

всеки втори вторник, 17:30 ч.,

Американския център към Столичната библиотека, пл. „Славейков“ № 4

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

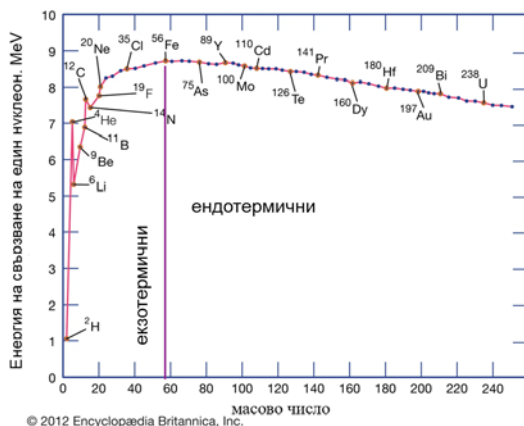
Лекциите са научно-популярни и всеки, който се интересува от света на физиката е очакван наш гост!

ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ НА БЪДЕЩЕТО. СЪВРЕМЕННИ ТЕРМОЯДРЕНИ РЕАКТОРИ

Цветелина Паунска

Потенциалът на управляемия термоядрен синтез да бъде в основата на решаване на енергийния проблем на цивилизацията, е забелязан от учените още в началото на 50 – 60^{те} години на ХХ век. Въпреки това функционираща термоядрена електроцентрала не е реализирана и до наши дни. Работата в това направление е актуална и търпи неимоверно развитие благодарение на новите технологии, с които разполагаме. В тази статия ще разгледаме управляемия термоядрен синтез и потенциала му да е в основата на електроцентралите на бъдещето. В изложението ще се спрем на същността на термоядрения синтез и какви са мотивите ни да го използваме за производство на енергия. Ще се запознаем с кратката му история, която представлява и история на усъвършенстването на термоядрените реактори. Предмет на изложението е и принципът на работа на съвременните термоядрени реактори и как те се вписват в една термоядрена централа.

Термоядреният синтез по своята същност е процес на сливане на леки ядра, при което най-често се освобождава и по-рядко се поглъща енергия [2,3]. На Фигура 1 е представена зависимостта на енергията на свързване на един нуклеон в атомното ядро като функция на масовото число. Отляво на лилавата линия са елементите, които участват в термоядрени реакции, при което се отделя енергия т.е., участват в екзотермични реакции. Отдясно някои от елементите също могат

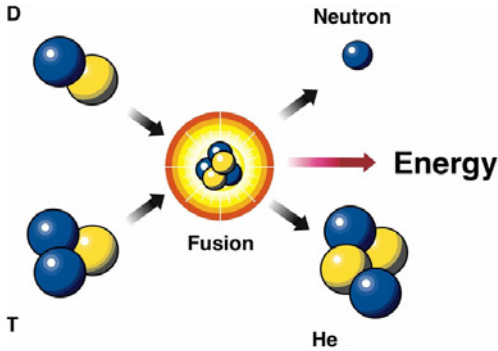


© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

Фигура 1. Енергия на свързване на един нуклеон в MeV, като функция на масовото число [1]

да участват в реакции на синтез, но с поглъщане на енергия, т.е. те са ендотермични. Елементите отдясно с нарастване на масовото число са нестабилни и ядрата им са по-склонни да се делят, например уран ^{238}U . Разделителната линия (в лилаво) на графиката е разположена при ^{56}Fe . Откъде произлиза обаче енергията при синтез? Известно е от ядрената физика, че сборът на масите на протоните и неутроните в атомното ядро в несвързано състояние не е равен на масата на ядрото на даден атом, а винаги е по-голямо. Тази разлика е известна като дефект на масите. От уравнението на Айнщайн знаем, че масата може да се трансформира в енергия. На Фигура 2 е представена илюстрация на една термоядрена реакция. Това е реакцията, която е избрана да протича в съвременните термоядрени реак-

тори [3]. Два изотопа на водорода – деутерий (D) и тритий (T), се сливат, получават се по-тежко ядро хелий 4 (${}^4\text{He}$) и неутрон (n). Дефектът на масите се разпределя като кинетична енергия на продуктите на реакцията и е общо 17,6 MeV. Кинетичната енергия, която придобива неутронът, е 14,1 MeV.



Фигура 2. Термоядрена реакция между деутерий и тритий [4]

За да протече термоядрена реакция и да се получи енергия първо трябва да се създадат условия, при които да се приближат достатъчно ядрата на атомите, така че да започнат да действат ядрените сили на привличане, а не електростатичните сили на отблъскване. Известно е обаче, че ядрените сили действат на много малки разстояния, по-малки от размерите на атома. Това означава внасяне на огромна енергия, ето защо в природата най-подходящите условия за протичане на реакциите на синтез са в ядрата на звездите. Материята там е високотемпературна, плътна плазма. Тя не случайно се нарича именно термоядрена плазма. Температурата в ядрото на нашата звезда – Слънцето, е 15 милиона К. За да постигнем ефективно производство на енергия на Земята се нуждаем

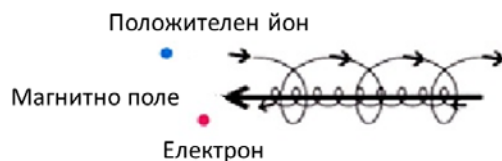
от 10 пъти по-висока температура. Какво означава ефективно? Това означава да имаме фактор на мощността по-голям от единица, или да сме произвели повече енергия, отколкото сме вложили. През 1955 г. американският физик Джон Лоусън изчислява баланса на енергията за управляемия термоядрен синтез, базиран на реакцията D-T. Изискването за ефективен синтез е производението от плътността на плазмата (n), температурата (T_i) и времето за удържане (τ) да надвишава определена стойност ($n \cdot \tau \cdot T_i > 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{s} \cdot \text{keV}$). Това означава стойности на параметрите поотделно от порядъка на: $n \sim (2 - 3) \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, температура $T_i = 10 \text{ keV}$ ($100 \times 10^6 \text{ K}$) и време на удържане $\tau \sim (1 - 2) \text{ s}$.

Основният мотив да използваме термоядрения синтез за производство на енергия е нуждата от концентрирана енергия, произведена от достъпно и евтино гориво. Реално това означава да си направим малко слънце на Земята, на шага някой популяризатори на науката го наричат „Слънце в бутилка“. Не на последно място са и екологичните мотиви. Термоядрените реактори не отделят парникови газове и други замърсители в атмосферата. Материалите, от които са изработени, могат да се рециклират. Едно от най-големите предимства на този метод за производство на енергия е горивото D и T. Деутерият се добива от океанска вода, а тритият – от литий (Li) в реактора, при самото протичане на реакцията. Продуктите на термоядрената реакция (Фигура 2) не са радиоактивни. Тритият е единственият радиоактивен елемент, но той не се внася директно в реактора, освен това периодът му на полуразпад е 12,6 години. Разходът на гориво е изключително нисък. В литературата се дава следни-

ят пример – за да произведем един GW енергия са необходими 100 kg D и 3000 kg Li. За да се произведе същото количество енергия, една централа на въглища ще изгори 1,5 милиона тона въглища [3]. По отношение на безопасността, термоядрената централа е напълно безопасна – ако притокът на гориво спре за няколко секунди, реакцията спира.

Термоядрената плазма е изключително гореща материя, не е измислен материал на Земята, който да може да я удържи и да не се разтопи при тези температури. Четири са силите, чрез които може да се удържи термоядрената плазма. Първата е гравитационната, поради голямата маса термоядрената плазма в звездите се удържа именно по-този начин. Втората сила е инерчната, която се проявява в инерционния термоядрен синтез. Целта на този тип термоядрен синтез не е точно горивото да се удържи. То се намира в малка капсула, внася се пикова стойност на мощността, най-често чрез лазерни снопове, протича имплозия и вследствие на инерционните сили настъпва сливане на ядрата. Ядрен синтез може да осъществим и чрез ускоряване на йони в силни електрични полета. Протича реакция на синтез и се отделят неутрони, но тъй като температурата не е много висока не може да наречем процеса

термоядрен. Устройството, работещо на този принцип, се нарича фюзор. Най-перспективният начин да удържим термоядрената плазма в сравнително голям обем е чрез магнитни полета. Такъв тип удържане използват магнитните уловки, реакторите тип токамак и стеларатор.



Фигура 3. Движение на заредени частици в хомогенно магнитно поле

От физиката е известно, че заредените частици – йони и електрони, в хомогенно магнитно поле се движат по винтова линия (Фигура 3). Ако имаме един цилиндричен съд, такава конфигурация на полето би удържала заредените частици от околните стени на цилиндъра, но не би могла да предпази долната и горната стени на цилиндъра. Ами ако свием цилиндъра и съберем краищата му? Именно тази идея се е зародила в бившия Съветски съюз през 50^{те} години на миналия век. Реакторът с тази форма е получил наименованието ТОКАМАК, което е абревиатура на *ТОроидальная Камера с Магнитными Катушками*. Кон-



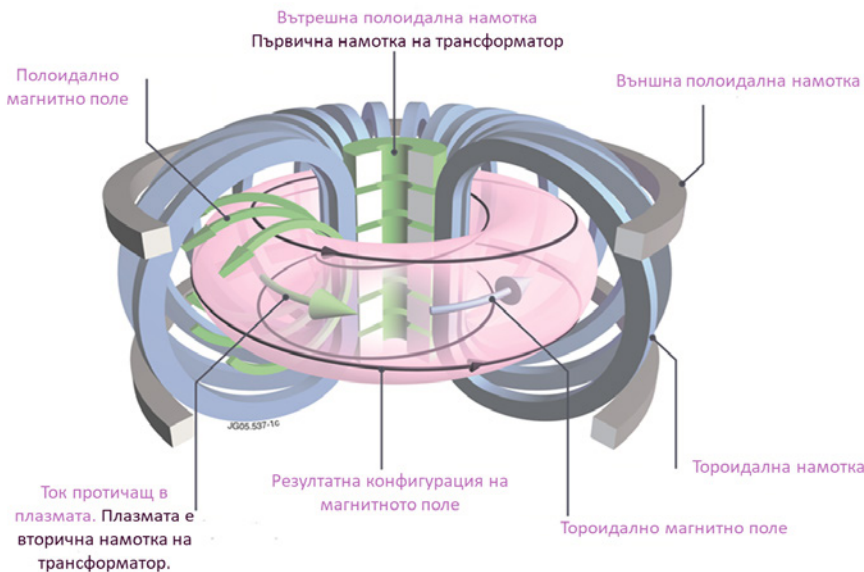
Фигура 4. Конфигурация на магнитното поле в тора

фигурацията на магнитното поле в тора е резултантно от две магнитни полета: първото – тороидално, то е ориентирано по посока на тора. Създава се от пръстеновидни намотки около тялото на тора (Фигура 4а). Другото магнитно поле се нарича полоидално, на Фигура 4б то е изобразено с черните силови линии, и се създава от протичащия в плазмата ток. На Фигура 4в е показана силовата линия на резултантното поле, образно може да си го представим като навита около тора прежда.

Схематична картина на термоядрен реактор от вида токамак е представена на Фигура 5. Показана е пълната конфигурация на намотките, като на схемата са визуализирани две допълнителни намотки. Това са външната и вътрешната полоидална намотка. Всъщност те представляват първичната намотка на огромен трансформатор, вторичната намотка е самата плазма. Именно така се поддържа токът, протичащ в плазмата. Поради това тази конфигурация на реактора не

може да работи в непрекъснат режим.

След като се запознахме с основната концепция на токамак, нека да проследим накратко историята на тези машини [5,6]. Както споменахме по-горе, токамака е разработен от съветските физици Игор Там и Андрей Сахаров през 50^{те} години на 20 век в института „Курчатов“. Любопитен факт е, че идеята е вдъхновена от писмото на един неизвестен войник – Олег Лаврентиев (впоследствие известен физик – бел. ред.). Така, след продължителна работа, през 1958 г. е пусната машината Т-3, която постига квазиравновесна плазма с температура 1 keV. През 1968 г. вече има подобрена версия, реакторът Т-4. Постигнатите резултати стимулират изследвания в много други страни. Построен е токамак в Кълъм, Великобритания, който потвърждава постигнатите резултати на устройството Т-4. През 70^{те} години на миналия век в университета в Принстън в Съединените щати моделът „С“ на стеларатор е трансформиран в токамак. Така постепенно



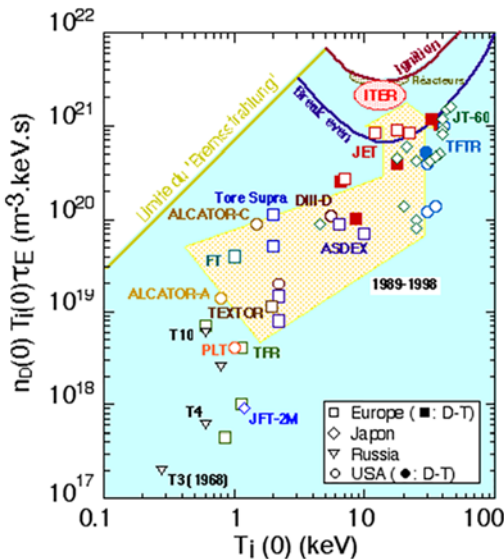
Фигура 5. Схематично представяне на реактор от вида токамак

на различни установки по света с времето се подобряват постигнатите резултати. През 1988 г. на френския токамак Торе Супра за първи път се използват свръхпроводници за намотките, създаващи магнитното поле, така се постигат значителни полета, недостижими до този момент. През 80^{те} години в Кълъм, Великобритания, се строи една от най-големите лаборатории по термоядрен синтез, част от която е токамака JET. Друга страна лидер в термоядрения синтез е Япония, като най-големият токамак в страната е построения през 1985 г. JT-60. T-15 е последното поколение токамак в Руската федерация.

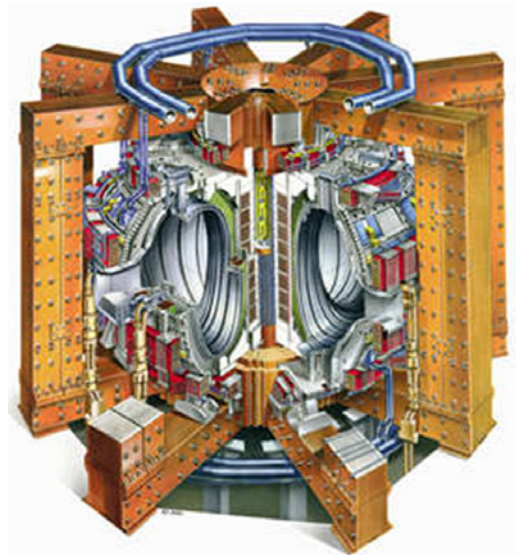
В настоящия момент най-големият международен проект не само в тази област, но и във физиката въобще, е проектът ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*). Основни

участници са Европейският съюз, Китай, Руската федерация, Южна Корея и САЩ, към 2023 г. 35 нации са съпричастни към този проект.

Експерименталната работа по усъвършенстването на термоядрените реактори се е развивала по отношение на поетапното подобряване на производението от трите критични параметъра за енергийно ефективен термоядрен синтез – плътност на плазмата, температура и време на удържане. На Фигура 6 може да се види, че първите стойности на успешен импулс е на T-3 през 1968 г. и стойността на производението е $nT = 2 \times 10^{17} \text{ m}^{-3} \cdot \text{keV} \cdot \text{s}$; днес достигнатите стойности са приблизително $10^{21} \text{ m}^{-3} \cdot \text{keV} \cdot \text{s}$, постигнати в JET. Рекордната стойност на действаща в момента машина е на Японския JT-60, като отношението на вложената към произведената енергия от термоядрен реакция е близо до 1,25 (2021 г.). За последните 30 години учените са постигнали уве-



Фигура 6. Постигнати стойности на производението от трите критични параметъра $n \cdot T$ на различни установки през годините [5]



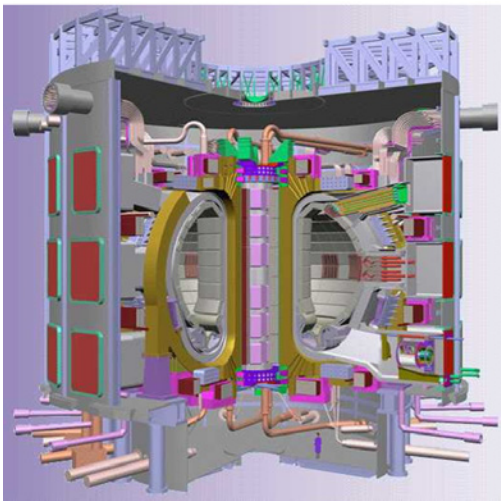
Фигура 7. Схема на тороидалната камера на JET [5]

личение на това произведение 1000 пъти [5]. Най-голямото време на удържане на плазмата е около 2 минути и е постигнато на френския токамак TORRE SUPRA. През годините от 1970те до 2000 г. е нараствала и произведената термоядрена мощност. Това нарастване е линейно, като рекордната стойност е произведена от JET и е 17 MW.

Английският токамак JET (Фигура 7), заслужава специално внимание, тъй като е един от най-големите реализирани термоядрени реактори в света и служи като експериментална установка за проектиране на следващото поколение термоядрени реактори, като ITER. Реакторът е претърпял във времето значителен брой подобрения и реконструкции. Това е първата машина, на която е реализирана реакцията D/T. Именно това е горивото, което ще се използва и в токамака ITER. За първи път е конструирана вакуумна камера с формата на латинско Д, целта е да се улесни механичната реализация,

както и да се подобри удържането. Революционно е и вграждането на „дивертор“, това е място конструирано така, че плазмата да контактува със стената. Доказано е, че това повишава стабилността на протичане на термоядрената реакция. Най-високите постигнати резултати в JET са коефициентът на усилване на енергията 0,67, при произведена изходна мощност 16 MW. В периода 2009 – 2011 г. машината е реконструирана така, че да се правят полезни експерименти за проекта ITER. През 2021 г времето за удържане е 5 секунди при изходна мощност 51 MJ.

Проектът за създаване на най-големия на този етап токамак в света ITER използва опита и знанията, натрупани в различни машини. На Фигура 8 отляво можете да видите схематично изображение на реактора [7]. Мащабът може да се прецени, като сравним с човешка фигура, изобразена в основата. Реакторът се планира да произвежда изходна мощност от порядъка на 500 MW. Вътрешният ра-



Сравнение на параметри на JET и ITER

параметър	JET	ITER
P_{out} , MW	16	500
R_{in} , m	1,25	6
Обем, m^3	100	840
Q	~1	10
Магнитно поле, T	3.45	11,8
Ток, MA	4.8	20-30

Фигура 8. а) Схема на тороидалната камера ITER. б) Таблица с основните параметри на тороидалните камери на JET и ITER [7]

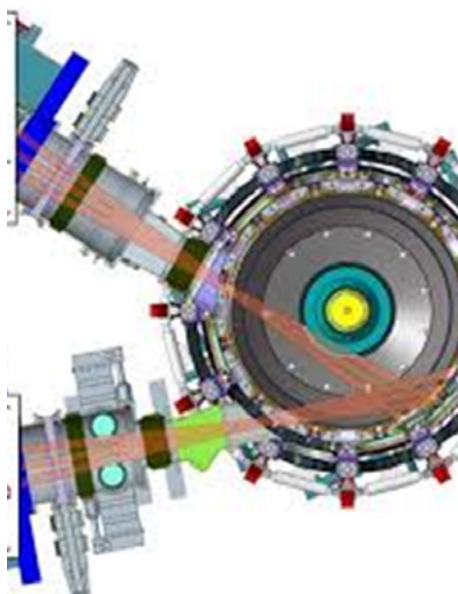
диус на тора е 6 метра, а обемът на реактора възлиза на 840 кубични метра. Очакваната стойност на произведената към вложената мощност е 10. Тези големи размери на плазмата изискват и много по-големи стойности на удържащото тороидално магнитно поле. Максималната стойност за ITER на тази величина е около 12 Т. А токовете, създаващи полоидалното магнитно поле, са между 20 и 30 МА. Отляво за сравнение в таблицата са дадени стойностите на изброените параметри за JET.

На Фигура 8 обаче е показана само част от съоръжението в термоядрения комплекс. За да имаме енергийно ефективен термоядрен синтез, както споменахме в началото, трябва да нагреем плазмата до към 150 милиона градуса. Това е невъзможно да се реализира само чрез Омово нагряване поради факта, че с увеличаването на температурата то се ограничава поради намаляването на плазменото съпротивление. Ето защо, за да постигнем необходимите стойности, трябва да внесем допълнително енергия и това може да стане по 3 начина. Първият е чрез внасяне на високоенергийни неутрални частици в плазмата, които чрез удари предават енергията си на йоните. Трябва да имаме предвид, че при тези високи температури плазмата е напълно йонизирана. Вторият метод е чрез облъчване на плазмата с мощни електромагнитни вълни на строго фиксирани честоти, съвпадащи със собствените резонансни честоти на плазмата: йонно-циклотронна и електронно-циклотронна честота. Поглъщането на енергията е чрез резонансна абсорбция на вълната. Третият начин е нагряване на долната хибридна честота на плазмата.

Плазмата в Токамака ITER ще се

нагрява от 3 източника на снопове от неутрални частици, като един от тях служи за резерва. Изискването към снопа е частиците да са с енергия от порядъка на 1 MeV. Високите енергии могат да се постигнат, ако ускорим йони в електрични полета и след това ги неутрализираме. Оказва се, че най-голямо сечение на конверсия на йони в атоми имат отрицателните водородни йони. Именно поради този факт източникът за ITER е високо-честотен индуктивен плазмен източник на отрицателни D/H йони. Един от начините за неутрализация е преминаването на снопа през газова мишена. Сноповете от високо енергетични частици ще се внасят директно във вакуумната камера на токамака (Фигура 9) и чрез еластични удари ще отдават енергията си на йоните.

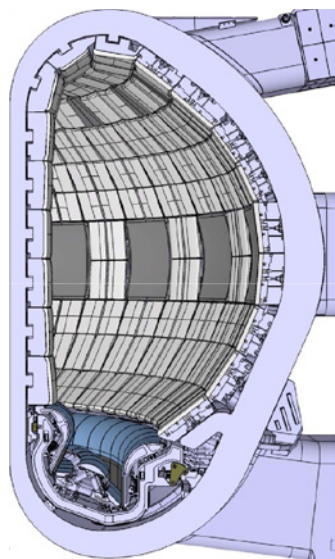
Йонният циклотронен резонанс се



Фигура 9. Горизонтален разрез на тороидална камера и инжектори на високоенергийни снопове от H/D атоми. С оранжево са изобразени сноповете частици

осъществява с огромни антени, които предават енергията на вълните на йоните. На резонансната честота на електроните в плазмата ще работят жиротрони. Жиротроните са устройства, които представляват линейни вакуумни тръби в силно магнитно поле, те генерират вълни в милиметровия обхват.

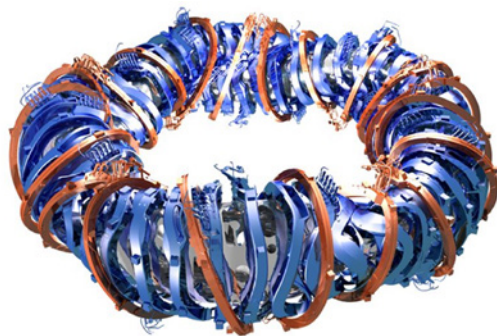
Фигура 10. Напречен профил от тороидална камера на съвременен токамак [8]



На Фигура 10 е представен напречен разрез на вакуумната камера на съвременен реактор тип токамак, в която се създава изключително гореща плазма. Чрез магнитното удържане стените са защитени от заредените частици – електрони и положителни йони. Но един от продуктите на термоядрената реакция е неутрална частица, а именно неутронът. Да припомним, че всеки създаден неутрон в обема е с много голяма кинетична енергия – 14,1 MeV. Тези частици неизбежно взаимодействат със стените на камерата. Стените са изработени от сегменти, наречени „бланкет“, буквално от английски „одеяло“. Тази „завивка“, за камерата на ITER е планирана да бъде от

400 елемента. Тя играе ключова роля в термоядрения синтез, като изолира горещите неутрони от намотките, които трябва да бъдат охлаждадени до хелиеви температури. Освен това този слой трансформира енергията на неутроните в топлинна енергия чрез загряване на вода. Това е добре познатият от бита принцип на водната риза. Бланкетът представлява един вид забавител на неутроните. С това не се изчерпват неговите функции: в този слой чрез реакция на неутроните с легиран Li се произвежда T, участващ в термоядрената реакция. Намирането на подходящ състав на бланкета е едно от големите предизвикателства към учените, в момента повърхностният слой е от берилий.

В последните години се връща интересът и към един термоядрен реактор, който е алтернатива на токамака. Има подобна тороидална форма, но качествено различна конфигурация на намотките и съответно на резултантното магнитно поле (Фигура 11). Това устройство се нарича стеларатор [9]. Основното му предимство пред токамака е липсата на трансформаторна връзка, а оттам и възможността за работа в непрекъснат режим. Токамакът

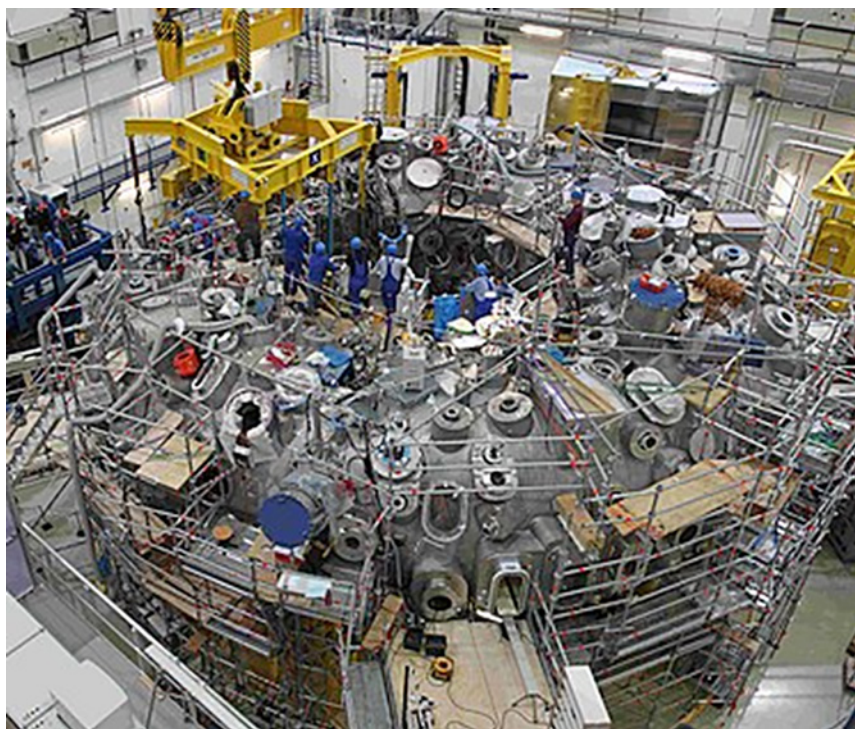


Фигура 11. Изображение на намотките на Стеларатор

е устройство, което работи в импулсен режим. Първият стеларатор е изработен от Лайман Спицър още през 1951 г. За дълъг период от време обаче, по-добри резултати са постигнати в токамаците, ето защо в тази посока са съсредоточени усилията на учените. С напредването на технологиите интересът към стелараторите през 21 век се завръща, като революция прави построения в Института по физика на плазмата в Гархинг, Германия, стеларатор *Wendelstein 7-X* (Фигура 12). Тази машина е едно от най-сложните инженерни съоръжения, били са необходими около 1,1 милиона часа за да бъде сглобена. Стелараторът *Wendelstein 7-X* официално функционира от 2016 г. Основното му постижение е силно намаляване на радиалния дрейф на заредените частици, т.е. постигнати са успехи в удържането, също така и в подтискането на турбулент-

ностите. Това намалява загубите на енергия и увеличава времето за съществуване на стабилна плазма. Основната цел на изследваните стеларатори е именно да се докаже, че устройството може да работи достатъчно дълго време. В експеримент от 2018 г. е постигнато време на протичане на реакцията 100 секунди. Целта, която учените си поставят в *Wendelstein 7-X*, е да постигнат време на работа 30 минути.

Друг представител на реакторите тип стеларатор е HSX (*Helically Symmetric Experiment*). Тази машина е по-малък по мащаб реактор, реализиран в Уисконсинския университет в Мадисън, САЩ, с удържаща стойност на максималното магнитно поле 1,25 T и температура от 10 милиона K. По-малко мащабните устройства имат голямо значение за изучаване на различни явления в плазмата, както и



Фигура 12.
Снимка на
стеларатора
Wendelstein 7-X

за развиване на експериментални техники за диагностика. Един интересен стеларатор в процес на изработка е машината в Университета в Принстън. Амбицията на учените е да изобретят отново стеларатора. Под това се има предвид да се използва изцяло нова концепция за магнитите, която да облекчи и опрости конструкцията на съоръженията за магнитно удържане. Ще се използват плоски свръхпроводящи електромагнити, като токът ще се контролира от компютър, така че да се получава оптимално магнитно поле.

Когато говорим за съвременни успехи в термоядрения синтез, няма как да не споменем един пробив в инерционния термоядрен синтез. Разбира се става дума за докладваните през 2021 г. резултати на Националната лаборатория в Лорънс Ливърмор (НИФ). Така нареченият инерционен синтез представлява бързо имплодиране (обратна експлозия) на капсула с милиметров размер, наречена холраум, пълна с термоядрена горивна смес от D и T. Капсулата се нагрива с рентгенови лъчи, генерирани от високомощни лазери, превръщащи капсулата в плазма с температура 100 милиона градуса по Целзий. За първи път произведената термоядрена енергия е повече от вложената.

В заключение ще обобщим, че управляемият термоядрен синтез, разработван чрез проекта ITER, е най-скъпият и амбициозен научноизследователски проект.

Решаването на тази задача би било осъществяване на една от най-големите мечти на човечеството за неизчерпаем източник на чиста енергия. От направения обзор става ясно, че напредъкът и пробивът не се осъществяват лесно. От 60^{те} години на миналия век досега учените са подобрявали постигнатите резултати постепенно. В такива грандиозни и сложни съоръжения планирането във времето е много трудно. Така че има да се върши още много работа в това направление, но знаем, че всеки напредък има своята цена.

Литература

- [1] <https://www.britannica.com/science/nuclear-binding-energy>
- [2] В. Е. Голант, А. П. Жилинский и И. Е. Сахаров Основы физики плазмы, Атомиздат, Москва, 1977.
- [3] John Wesson, Tokamaks, Clarendon Press-Oxford, 2004.
- [4] <https://scitechdaily.com/science-made-simple-what-are-nuclear-fusion-reactions/>
- [5] http://www-fusion-magnetique.cea.fr/gb/fusion/histoire/site_historique.htm
- [6] S. V. Mirnov, Tokamak evolution and view to future (2019) Nuclear Fusion **59** 015001
- [7] <https://www.iter.org/>
- [8] K. Hesch, L. V. Boccaccini and R. Stieglitz, Blankets – key element of a fusion reactor – functions, design and present state of development (2018) KERNTECHNIK **83**, 241-250
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Wendelstein_7-AS

POWER PLANTS OF THE FUTURE. MODERN FUSION REACTORS

Tsvetelina Paunskа

Thermonuclear fusion reactors and their evolution from the first magnetically confined plasma up to nowadays is presented in the paper. In the focus of the review is the most promising reactor – the TOKAMAK type. In addition to the principle of operation of magnetic plasma confinement devices, the history of these machines, in the context of the parameters achieved by them, is also briefly discussed. Also presented is one of the most ambitious fusion reactor in the world today – ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). The article concludes with the stellarators, an alternative modification of fusion reactors.

АБОНИРАЙТЕ СЕ

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

За ученици, студенти и пенсионери – 16 лв.

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

Цена за 1 книжка – 7 лв.

Банкова сметка: Първа Инвестиционна Банка

IBAN: BG91FINV91501215737609; BIC: FINVBGSF

ВАЖНИ ПОСТИЖЕНИЯ ВЪВ ФИЗИКАТА ПРЕЗ 2023 Г.

Сашка Александрова

Началото на всяка година е време за равносметки, за обръщане на поглед назад, за да се види по-общо картината, която ни оставя старата вече отишла си година.

За физиката изминалата 2023 г. беше вълнуваща с много открития и пробиви в различни области – от изследване на произхода на Вселената, до разработването на нови технологии за здраве и енергия – като разшири познанията ни и подобри живота ни по невероятни начини. Ето някои от акцентите на годината по физика, представени от авторитетни издания и сайтове за наука.

Традиционно, група редактори от авторитетното списание *Physics World*, след преглед на стотици публикувани резултати от изследвания, избират 10, които определят като пробиви във физиката през съответната година. За 2023 г. резултатите са от всички области на физиката, като варират от изследвания в астрономията и медицинската физика, до квантовата наука, атомната физика и др. [1]. Информация за тези постижения е публикувана през годината на уебсайта на списанието. Избраните публикации трябва да отговарят на следните критерии:

- Значителен напредък в знанието или разбирането на физичните явления.
- Значение на работата за научния прогрес и/или разработването на приложения от реалния живот.
- От общ интерес за читателите на *Physics World*.

Класации на постижения и открития публикуват и други институции [2, 3]. Тук представяме избрани постижения, които се надяваме да са от интерес за читателите на „Светът на физиката“.

Physics World определя и Награда на годината за пробив във физиката – „Интерфейсът мозък-компютър, който поз-

волява на парализиран човек да върви“ (*Brain-computer interface that allowed a paralysed man to walk*). Получават я учени от Лозана – от Федералния политехнически университет (*Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne*), Университетската болница (*Lausanne University Hospital*) и от Изследователския център Клинатек (*Clinatec CEA-Leti*) за разработването на „дигитален мост“ между мозъка и гръбначния мозък, който позволява на индивид с парализа да стои и да ходи по ес-



Герт-Ян Оскам (Gert-Jan Oskam), се придвижва, използвайки интерфейс мозък-гръбначен стълб [4]

тествен начин. Нараняването на гръбначния мозък може да прекъсне връзката между мозъка и областта на гръбначния мозък, отговорна за ходене, и да доведе до постоянна парализа. За възстановяване на тази комуникация, екипът разработва интерфейс мозък-гръбначен стълб, включващ две имплантируеми системи: едната за записване на кортикалната активност и декодиране на намерението на

потребителя да движи долните крайници, а другата – за електрическо стимулиране на областта на гръбначния мозък, която контролира движението на краката [1]. Екипът тества системата при Герт-Ян Оскам (*Gert-Jan Oskam*), парализиран при инцидент с велосипед през 2011 г. След операцията той успява да изкачи стълби и да измине над 100 метра, използвайки интерфейса мозък-гръбначен стълб.

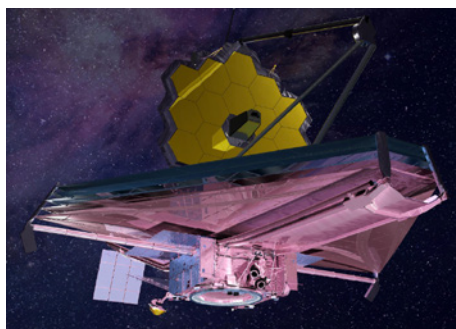
Поглед в ранната Вселена с космическия телескоп „Джеймс Уеб“ (*James Webb Space Telescope – JWST*)

Космическият телескоп „Джеймс Уеб“ (*JWST*), пуснат в орбита в края на 2021 г., продължи да разкрива тайните на Вселената и през 2023 г., наблюдавайки най-старите звезди, най-отдалечените галактики и междузвездните ледени облаци, в които могат да крият живот. *JWST* е най-мощният и сложен космически телескоп, създаван някога, с 6,5-метрово огледало и четири сложни апаратури, които могат да улавят инфрачервена светлина от най-отдалечените и древни региони на Космоса. През 2023 г. потокът от открития продължава.

JWST позволява да се погледне във времето дори по-назад от формирането на Слънчевата система, а именно към ранните дни на Вселената. Инфрачервените му камери са толкова чувствителни, че откриват дори слабата светлина на изключително далечни галактики, които са били на път към нас в продължение на много милиарди години. За да направят такива далечни обекти видими, изследователите използват така наречения ефект на гравитационна леща. Втора галактика – гледана от Земята, лежи пред изследваната галактика – действа като лупа: нейната гравитация отклонява

светлината и по този начин увеличава изображението. Миналата година първите снимки, които космическият телескоп успя да направи на далечни галактики, развълнуваха както експертите, така и обществеността: те не само предложиха резки и впечатляващи изображения – те също така поставиха под въпрос познанията ни за развитието на Космоса.

Инфрачервени спектри, получени през юни от далечна галактика показваха, че 1,5 милиарда години след Големия взрив в Космоса е имало органични молекули като тези, намерени на Земята. Малко след това изследователите откриха доказателства за съдържащ въглерод прах в още по-млада галактика, само 800



Художествено изображение на космическия телескоп „Джеймс Уеб“ [5]

млн. години след Големия взрив. Фактът, че първите градивни елементи за подобни на Земята планети са съществували толкова рано – Големият взрив е бил преди 13,8 млрд. години, не може да се обясни с предишни теории.

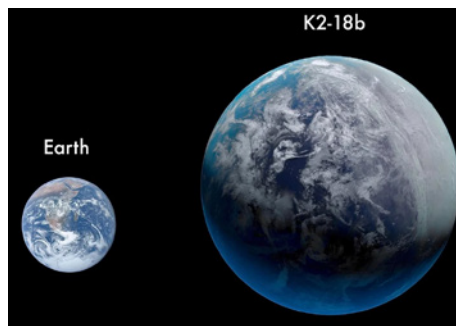
Колаборацията EIGER (<https://eiger-jwst.github.io/>) използва JWST, за да намери убедителни доказателства, че ранните галактики са отговорни за реионизацията на ранната Вселена [1, 2]. Тя е настъпила около 1 млрд. години след Големия взрив и е включвала йонизацията на водородния газ. Това позволява на светлината, която би била погълната от водорода, да достигне до днешните

телескопи. Реионизацията изглежда е започнала като локални мехурчета, които растат и се сливат. Тези мехурчета вероятно са били създадени от източници на радиация и една от възможностите е тя да идва от звезди в галактиките. Изследователите от EIGER използват камера на JWST в близката инфрачервена област за да изучават светлината, идваща от древни квазари, която е преминала през йонизираните мехурчета. Така е открита връзка между местоположението на галактиките и мехурчетата, което предполага, че светлината от тези ранни галактики наистина е отговорна за реионизацията.

Открита екзопланета, на която може да има условия за живот

Екип от астрономи от Великобритания и САЩ, с помощта на JWST, изследва планета K2-18b [3] като потенциален обитаем свят. Планетата, първоначално открита с космическия телескоп „Кеплер“, има 8,6 земни маси и 2,6 земни диаметъра. Огромен свят, покрит с течна вода, с предимно водородна атмосфера, обикаля около звезда червено джудже на 120 светлинни години от Земята. Атмосферата ѝ е химична смес, която показва наличието на течна вода, основна съставка, необходима за поддържане на живот. Намерени са следи от молекулата диметилсулфид, която на Земята възниква само от живи същества. Нужни са обаче

още доказателства за нейното присъствие. Това може да се превърне в първия хицеански (водород + океан) свят, открит някога, и първия случай на течна вода на планета, обикаляща около звезда [6].



Сравнение на Земята и K2-18b [7]

Органична молекула, открита в Космоса за първи път

Международен екип астрономи, използващи космическия телескоп „Джеймс Уеб“, обявиха откриването на сигнал за дълго търсена молекула, наречена метилов катион (това е „котешки йон“), дълбоко в мъглявината Орион. Метил

катион (CH_3^+) е органична (т.е. съдържаща въглерод) молекула, която може да е в основата на живота, какъвто го познаваме [3, 8]. Мъглявината, намираща се на 1350 светлинни години от Земята, съдържа група от млади звездни системи и

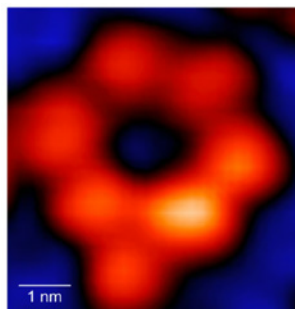
техните протопланетни дискове с форма на палачинка, състоящи се от газ, прах, астероиди и друг материал, който в крайна сметка може да се превърне в планета. Една такава система, d203-506, наречена

Orion Bar, излъчва сигнал на CH_3^+ , който никога преди не е бил засичан в Космоса. Самото му присъствие може да предизвика появата на по-сложни органични молекули.

Първото рентгеново изображение на единичен атом

Сътрудници на Аргонската национална лаборатория в САЩ (*Argonne National Laboratory*) успяват да получат изображение на единичен атом, използвайки рентгенови лъчи от синхротронен източник [1]. Доскоро най-малкият размер на пробата, който можеше да бъде анализиран с помощта на синхротронна рентгенова сканираща тунелна микроскопия, беше атограм, което е около 10 000 атома. Това е така, защото рентгеновият сигнал, произведен от един атом, е изключително слаб и конвенционалните детектори не са достатъчно чувствителни за да го детектират. За решаване на проблема екипът добавя остър метален крайник към конвенционален рентгенов детектор, който се поставя само на 1 nm над изследвания образец. При дви-

жение на острието по повърхността на образеца електроните тунелират през пространството между тях, създавайки ток, характеристичен за всеки елемент. Техниката може да доведе до приложения в дизайна на материали, както и в науката за околната среда чрез способността да се проследяват токсични материали до изключително ниски нива.

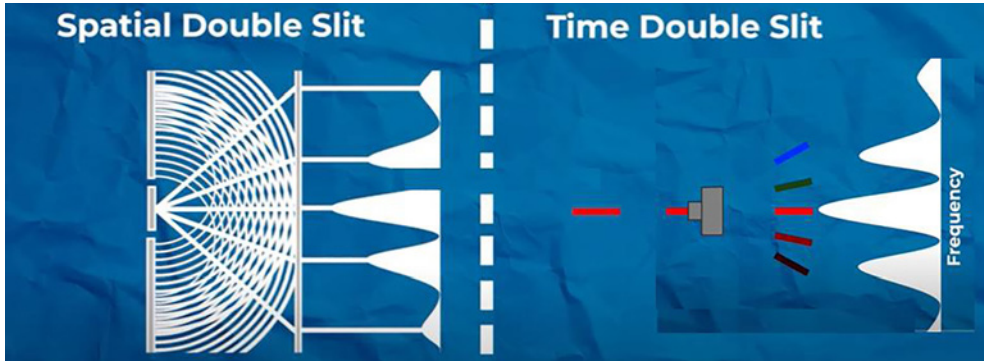


Изображение на пръстеновидна молекулна структура, съдържаща само един железен атом [9]

Двоен процеп във времето

Учени от Имперския колеж в Лондон (*Imperial College London*) възпроизвеждат класическия експеримент с двоен процеп, използвайки лазери, но с процепи във времето, а не в пространството [1, 10]. Опитът от XIX век за интерференцията на светлинни вълни от Томас Юнг е един от най-емблематичните експерименти в историята на физиката и дава фундаментална подкрепа на вълновата теория на светлината. Докато този експеримент и други като него включват дифракция на светлината през двойка тесни процепи в пространството, изследователите по-

казват, че е възможно да се постигне еквивалентен ефект с помощта на двойка процепи във времето. Те установяват, че интерференцията се случва между вълни с различни честоти вместо различни пространствени позиции. Работата може да има различни приложения като оптични превключватели за обработка на сигнали и комуникация или при оптични изчисления. Резултатите имат значение за разбирането за фундаменталната природа на светлината и нейните взаимодействия с материалите.



Експериментите с двоен процеп [11]

Градивни елементи за широкомащабна квантова мрежа

Сътрудници от Университета в Инсбрук, Австрия (*University of Innsbruck*), и Университета Париж – Сакле, Франция (*University of Paris-Saclay*) са сред отличените за годината за конструирането на квантов ретранслатор и използването му за прехвърляне на квантова информация на разстояние от 50 km чрез стандартни

телекомуникационни влакна, като по този начин демонстрират всички ключови функционалности на квантова мрежа на дълги разстояния в една система. Разработката е част от изследователски проект на ЕС за създаване на квантов интернет [1, 12].

Свръхзвуково разпространение на пукнатини в материали

Учени от Еврейския университет в Йерусалим, Израел (*Hebrew University of Jerusalem*), откриват, че пукнатините в определени материали могат да се разпространяват по-бързо от скоростта на звука. Резултатът противоречи както на предишни експериментални резултати, така и на прогнози, базирани на класическата теория, които гласят, че свръхзвуковото разпространение на пукнатини не трябва да е възможно,

тъй като скоростта на звука в материала отразява колко бързо механичната енергия може да премине през него. Резултатите на екипа могат да се обяснят с наличието на така наречената „динамика на свръхпридвижване“, управлявана от принципи, различни от тези, които управляват класическите пукнатини, както е предсказано преди почти 20 години от учени от Тексаския университет в Остин, САЩ (*University of Texas at Austin*) [1].

Пробив в термоядрената енергетика

Ядреният синтез е процесът, който захранва Слънцето и звездите. В продължение на десетилетия идеята за възпроизвеждане на ядрен синтез на Земята като източник на енергия на теория

би могла да задоволи всички бъдещи енергийни нужди на планетата. Постигнатието е за работа, извършена в Националната лабораторията по запалване (*National Ignition Facility*) на Националната ла-

боратория Лорънс Ливърмор – САЩ (*Lawrence Livermore National Laboratory*) в края на 2022 г. и съответно, не влиза в списъка на пробивите за годината. На 13 декември 2022 г. физици от лабораторията обявяват постижение, очаквано от десетилетия – генерирането на повече енергия от реакция при контролиран ядрен синтез, отколкото е необходима за задвижване на реакцията. При експеримент, извършен на 5 декември 2022 г., лазерният импулс от 192 високоенергийни лазера, освобождава 3,15 млн. джаула (MJ) енергия от малка пелета, съдържаща два водородни изотопа, в сравнение с 2,05 MJ вложена енергия от лазерите [1, 13,

14]. В течение на 2023 г. резултатът е потвърден при още три експеримента. Това постижение бележи важен момент в историята на лазерния термоядрен синтез и се очаква да проправи пътя за бъдещ напредък в областта на ядрената енергетика. Както казват авторите на постижението, популярната шега в продължение на много десетилетия в изследванията на термоядрения синтез е, че „от ядрения синтез ни делят 30 години и винаги ще бъде“, вече не е актуална. Основните етапи на запалване на термоядрения синтез и печалба на енергия, по-голяма от единица (т.е. „научна рентабилност“), са в минало време.

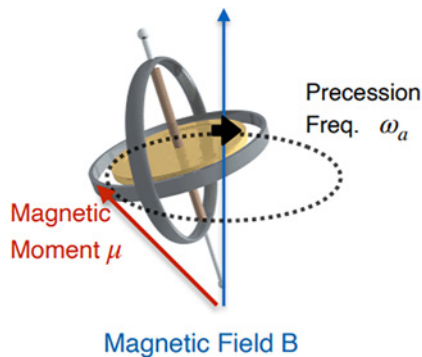
Мюонът и Стандартният модел

Изследователи от Националната ускорителна лаборатория „Ферми“, САЩ (*Fermi National Accelerator Laboratory*), колаборацията от проекта *Muon g-2*, обявиха резултатите от ново измерване на аномалния магнитен момент на мюона с точност 0,20 ppm, два пъти по-голяма от предишните експерименти преди 2 години [1, 3, 15]. Определената стойност е $a_\mu = 116\,592\,055(24) \cdot 10^{-11}$ [16]. Подробно за свойствата на мюона и дългогодишните опити за точното измерване на a_μ може да прочетете в „Светът на физиката“, бр. 3, с. 264 (2010) и бр. 1, с. 34 (2022) [17]. Аномалният магнитен момент може да се изрази чрез жиромагнитното отношение g_μ на мюона – $a_\mu \equiv (g_\mu - 2)/2$. Теоретичната стойност на g_μ според Стандартния модел е 2.

Експериментите обаче дават друга стойност, т.е. определената аномалия е положителна, $g_\mu > 2$. Този факт дава името на проекта за измерване на аномалния магнитен момент *Muon g-2* (чете се g ми-

нус 2). Експериментаторите на *Muon g-2* изследват прецесията на мюони, циркулиращи в постоянно външно магнитно поле. Прецесията на мюона се определя от магнитния момент на частицата или от това как мюоните се ориентират по магнитните полета.

Основната цел е да се тества валидността на Стандартния модел. Всяко несъответствие между действителните измервания и теоретичните стойности може



Прецесията на мюона в магнитно поле [18]

да означава, че Стандартният модел е непълнен и се нуждае от преразглеждане.

Новите резултати, представени чрез $g_{\mu} - 2$, са:

$$g - 2 = 0,00233184110$$

$$+/- 0,00000000043 \text{ (stat.)}$$

$$+/- 0,00000000019 \text{ (syst.)},$$

където отделно са дадени и статистическата и систематичната неточност [10, 13].

Разликата между изчислената и измерената скорост на прецесия подсказва, че може да има някаква все още неоткри-

та частица или сила, засягаща мюоните.

Предстои анализ на статистическата грешка, включвайки всички експериментални данни за шестте години работа по проекта. Теоретиците ще актуализират теоретичната стойност на мюонната магнитна аномалия. Окончателните резултати се очаква да бъдат обявени през 2025 г. за потвърждаване дали разликата между теорията и експеримента е статистическа случайност или причината е отвъд Стандартния модел.

Въпреки че представените в настоящата статия открития може да не променят живота ни веднага (освен ако някои приятелски настроени извънземни от екзопланетата K2-18b не се отбият да кажат: „здравей“ [3]), те все пак ще придвижат изследванията и технологиите напред за една по-успешна 2024 г.

Литература

1. <https://physicsworld.com/a/physics-world-reveals-its-top-10-breakthroughs-of-the-year-for-2023/>
2. <https://space.mit.edu/physics-world-reveals-its-top-10-breakthroughs-of-the-year-for-2023/>
3. <https://www.inverse.com/science/most-mind-blowing-science-breakthroughs-2023>
4. <https://www.nytimes.com/2023/05/24/science/paralysis-brain-implants-ai.html>
5. <https://airandspace.si.edu/multimedia-gallery/jwst-artist-concept>
6. <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/acf577>
7. https://www.reddit.com/r/spaceporn/comments/18hehsw/rendered_comparison_between_earth_and_k218b/?rdt=55602
8. <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06307-x#citeas>
9. <https://arstechnica.com/science/2023/05/this-is-the-first-x-ray-taken-of-a-single-atom/>
10. <https://www.imperial.ac.uk/news/244037/double-slit-experiment-that-proved-wave-nature/>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=NsVcVW9GI60>
12. <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/horizon-magazine/race-new-internet>
13. <https://lasers.llnl.gov/news/tracing-the-steps-to-llnls-fusion-breakthrough>
14. <https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.95.025005>
15. <https://phys.org/news/2023-11-muon-g-positive-anomalous-magnetic.html>
16. <https://arxiv.org/abs/2308.06230>; Phys. Rev. Lett. 131, 161802
17. Д. Динев, „Светът на физиката“ бр. 3, стр. 264 (2010) и бр. 1, стр. 34 (2022)
18. https://indico.cern.ch/event/1114856/contributions/5321251/attachments/2687196/4662809/LeptonPhoton_Muon_g-2_Exp_and_SM.pdf
19. <https://news.umich.edu/muon-collaboration-explores-uncharted-territory-in-search-of-new-physics/>

IMPORTANT ADVANCES IN PHYSICS IN 2023

Sashka Alexandrova

The year 2023 was an exciting one for physics, with many breakthroughs and discoveries in various fields. In the present paper a short selection of some interesting discoveries and outstanding achievements are presented to the readers of World of Physics, spanning a wide range of subject areas, from improving our knowledge of the Universe to contributions to human health and energy issues.

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

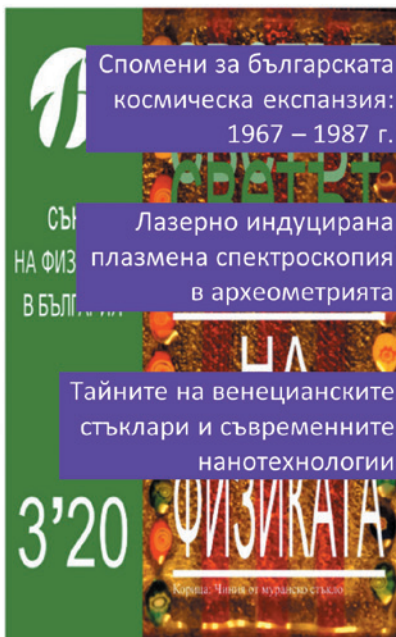
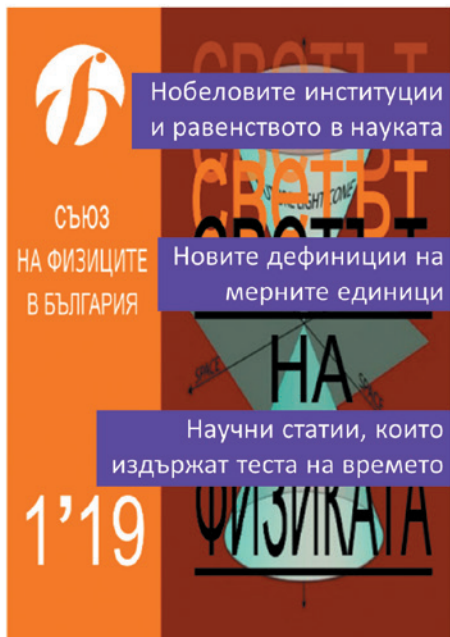
„ФИЗИКА, ХАРМОНИЯ И ФЕНОМЕНИ В ПРИРОДАТА“

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

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

Краен срок – 10 май 2024 г.

В „Светът на физиката“ няма стари новини!



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

Пишете ни!

worldofphysics@abv.bg

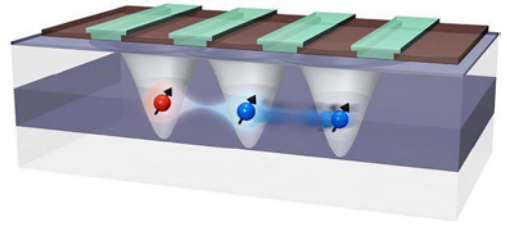
ЗА КВАНТОВИТЕ КОМПЮТРИ И СИЛИЦИЕВИТЕ КУБИТИ

Много от големите ИТ компании – включително IBM, Google и Microsoft – се надпреварват да разработват квантови компютри, някои от които вече са демонстрирали способността да превъзхождат значително конвенционалните компютри за определени видове изчисления. Едно от най-големите предизвикателства пред разработването на търговски квантови компютри е да бъде постигнато увеличение на броя кубити от около сто до милиони кубити.

Изследователи от RIKEN съобщават, че са постигнали свързване на два отдалечени кубита, което ще помогне за разработването на по-големи, по-сложни квантови компютри, базирани на силициеви квантови точки. Свързване е осъществено, използвайки метод, наречен кохерентно спиново преместване.

Една от водещите технологии за постигане на мащабни квантови изчисления са силициевите квантови точки, които са с диаметър няколко десетки nm. Основно предимство е, че те могат да бъдат произведени чрез съществуваща силициева технология за производство на чипове. Трудността е, че докато е лесно да се свържат две квантови точки, които са една до друга, се оказва трудно да се свържат квантови точки, които са далеч една от друга.

Устройството е произведено върху хетероструктура Si/SiGe. Три слоя алуминиеви електроди със стъпка от 100 nm създават ограничаващ потенциал за формиране на редица от 9 квантови точки. За



Свързване на два отдалечени кубита (червените и сините сфери с черни стрелки) чрез кохерентно преместване на един от кубитите (сините сфери) [1]

да свърже двата кубита, екипът използва метод, известен като кохерентно спиново преместване, което позволява единични спинови кубити да бъдат местени през редицата от квантови точки, без да се засяга тяхната фазова кохерентност – важно свойство за квантовите компютри, тъй като тя носи информация. Този метод включва прехвърляне на електрони през редицата от кубити чрез прилагане на напрежение.

Според един от авторите, Акиро Ноири (*Akito Noiri*), въпреки че физическото разделение между двата кубита е относително малко, то може да бъде увеличено в бъдещите изследвания с цел увеличаване на разделянето до около микрометър, което ще направи метода по-подходящ за бъдеща употреба.

Свързването на кубитите представя нов подход за разработването на по-големи и по-сложни квантови компютри на основата на силициеви квантови точки по технология, съвместима с технологиите за производство на полупроводникови чипове.

Източник: „A shuttling-based two-qubit logic gate for linking distant silicon quantum processors“, A. Noiri et al, 2022, Nature Communications, DOI: 10.1038/s41467-022-33453-z
Новината се разпространява от SciTec Daily, JUNE 5, 2023, под заглавие „Разширяване на

мащабите на квантовите компютри: учени от RIKEN свързват отдалечени силициеви кубити“ (Scaling Up Quantum Computers: RIKEN Scientists Connect Distant Silicon Qubits) <https://scitechdaily.com/?s=Scaling+Up+Quantum+Computers>
 Фигури: 1. https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/tr/20230331_1/index.html

КЪДЕ Е НАЙ-ТЕЖКАТА ДВОЙКА ЧЕРНИ ДУПКИ ВЪВ ВСЕЛЕНАТА

Астрономи от Станфордския университет съобщават на 5 януари 2024 г. в *The Astrophysical Journal*, че са открили най-тежката двойка черни дупки, наблюдавана досега. Двойната черна дупка се състои от две огромни свръхмасивни черни дупки, обикалящи една около друга само на 24 светлинни години една от друга, което ги прави най-близката известна двойка черни дупки. Двойката се намира в центъра на „фосилната“ галактика B2 0402+379, известна и като радиогалактика 4C+37.11, на разстояние от нас на 750



Художествена илюстрация на двете свръхмасивни черни дупки [2]

млн. светлинни години. Фосилни галактически групи или фосилни клъстери са крайният резултат от сливането на галактики в една гигантска галактика.

Общата маса на двойката е еквивалентна на 28 млрд. слънца. Поради тази голяма маса те не могат да се сблъскат и да се слоят. За първи път сливане на черни дупки със звездна маса е наблюдавано едва през 2015 г., но сливането на свръхмасивни черни дупки учените все още не са успели да видят. Причината е, че след сливането на галактиките черните дупки не се сблъскват, а бавно се приближават една към друга в продължение на стотици милиони години. Въпреки изключителната близост, чудовищата – близнаци са заключени в орбитален лимб: вече не се приближават, повтарят един и същи безкраен танц повече от 3 млрд. години. Астрономите все още не са сигурни дали балетът на черните дупки ще продължи без прекъсване или ще завърши със зрелищен сблъсък.

Източник: The Central Kinematics and Black Hole Mass of 4C+37.11. T. Surti, R. W. Romani, J. Scharwächter, A. Peck, G. B. Taylor, *The Astrophysical Journal*, 960, 110 със свободен достъп на: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ad14fa>.

Информацията се появи на <https://www.livescience.com/space/black-holes/astronomers-find-heaviest-black-hole-pair-in-the-universe-and-theyve-been-trapped-in-an-endless-duel-for-3-billion-years> под заглавие „Астрономи откриха най-тежката двойка черни дупки във Вселената, били в капан в безкраен дуел от 3 милиарда години“ (Astronomers find heaviest black hole pair in the universe, and they've been trapped in an endless duel for 3 billion years)

<https://www.livescience.com/space/black-holes/astronomers-find-heaviest-black-hole-pair-in-the-universe-and-theyve-been-trapped-in-an-endless-duel-for-3-billion-years>

Фигури: 2. NOIRLab/NSF/AURA/J. daSilva/M. Zamani

ЗА ДЪРВЕТАТА И ДЕТЕКТОРИТЕ ЗА НЕУТРИНО

За откриване на неутрино със свръхвисока енергия са нужни огромни детектори. Дали горски масиви могат да предложат решение?



Горски масив [3]

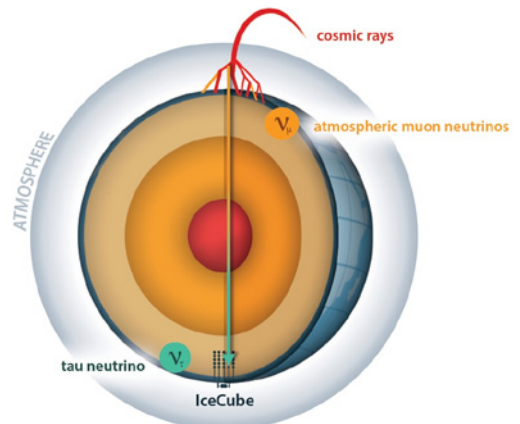
Детекторите за неутрино не растат по дърветата. Или го правят? Един ден горите биха могли да се използват за откриване на неутрино със свръхвисока енергия. Дърветата биха могли да действат като естествени антени, които улавят радиовълни, произведени при определени взаимодействия на трудни за откриване субатомни частици, предлага астрофизикът Стивън Прохира (*Steven Prohira*) в статия, представена в [arXiv.org](https://arxiv.org).

Ейми Конъли (*Amy Connolly*) от Държавния университет на Охайо в Кълъмбъс (*Ohio State University in Columbus*), която не е участник в изследването, намира идеята за много вълнуваща. Според нея: „Това може да е ... естествено решение, което може да е стояло под носа ни“.

За неутриното обикновено се изискват големи, чувствителни детектори. Това е особено важи за детектори, предназначени да улавят най-редките неутрино с най-висока енергия, които па-

дат на Земята от Космоса. Изграждането на такива огромни детектори е голямо предизвикателство. Но физиците, които се занимават с високоенергийни неутрино, са известни с изобретателността си при изграждането на детектори в естествени условия. Обсерваторията за неутрино *IceCube* търси взаимодействия с неутрино, използвайки кубичен километър от антарктически лед, а телескопът *Cubic Kilometre Neutrino Telescope*, КМЗНеТ, който в момента е в процес на изграждане, ще търси неутрино, включвайки няколко кубични километра вода на няколко километра дълбочина в Средиземно море. Тези детектори имат достатъчно големи обеми, за да направят възможно улавянето на редките високоенергийни неутрино.

За да изследват неутрино с още по-високи енергии, учените се опитват да открият една конкретна разновидност на неутриното – тау-неутрино. Когато такова неутрино навлиза вътре в Земята, то може да взаимодейства и да произведе частица, наречена тау-лептон. Ако този тау-лептон



В търсене на тау-неутрино с *IceCube* [4]

избяга от Земята в земната атмосфера, разпадането му може да произведе дъжд от заредени частици, които генерират радиовълни. За да открият тези радиовълни, учените са предложили детектори като масивния експеримент GRAND, който ще използва общо 200 000 антени, разделени на 20 отделни масива по света.

Като се има предвид огромната задача, свързана с изграждането на този тип детектор, би било страхотно, ако вече разполагаме с антени. Предишни изследвания показват, че дърветата могат да улавят радиовълни. Откриването на тези радиовълни ще изисква прикрепване на жица към всяко дърво или увиване на телена намотка около ствола на всяко дърво и свързване към електрониката, за да се прочетат сигналите.

Остават още много въпроси, за да се определи дали такава техника има перспектива. Трябва да се проучи как дърветата могат се използват в диапазона на много високочестотните радиовълни, в

Източници:
Информацията се появява в Science News под заглавие „Горите като детектори за неутрино“
(Forests might serve as enormous neutrino detectors)

<https://www.sciencenews.org/article/forests-neutrino-detectors-physics>.

S. Prohira. The forest as a neutrino detector. arXiv: 2401.14454. Submitted January 25, 2024

Фигури: 3. <https://www.freepik.com/free-photos-vectors/forest>

4. <https://icecube.wisc.edu/news/research/2019/01/atmospheric-tau-neutrino-appearance-in-icecube>

който работят детекторите за този тип неутрино. Могат да бъдат прецизно изградени традиционни радиоантени, за детайлно разбиране на това как те отговарят на различни видове радиосигнали, което дърветата не могат. Трябва да се проучи как дърветата биха реагирали на поляризацията на радиовълните, ориентацията на техните движения, както и ефектът от листата и сезонното им падане за широколистните гори. Според Ерик Оберла (*Eric Oberla*) от Чикагския университет (*University of Chicago*), не е ясно дали замяната на произведени антени с дървета ще реши повече проблеми, отколкото може да създаде, и дали предизвикателствата при проектирането на детектори ще трябва да бъдат разглеждани допълнително. Освен това всяко въздействие, което детекторът би имал върху гората, също е важно. Детекторът трябва да бъде изграден в хармония с природата, в противен случай идеята не си струва.

ЗА КВАНТОВАТА МЕХАНИКА И ЦВЕТОВЕТЕ

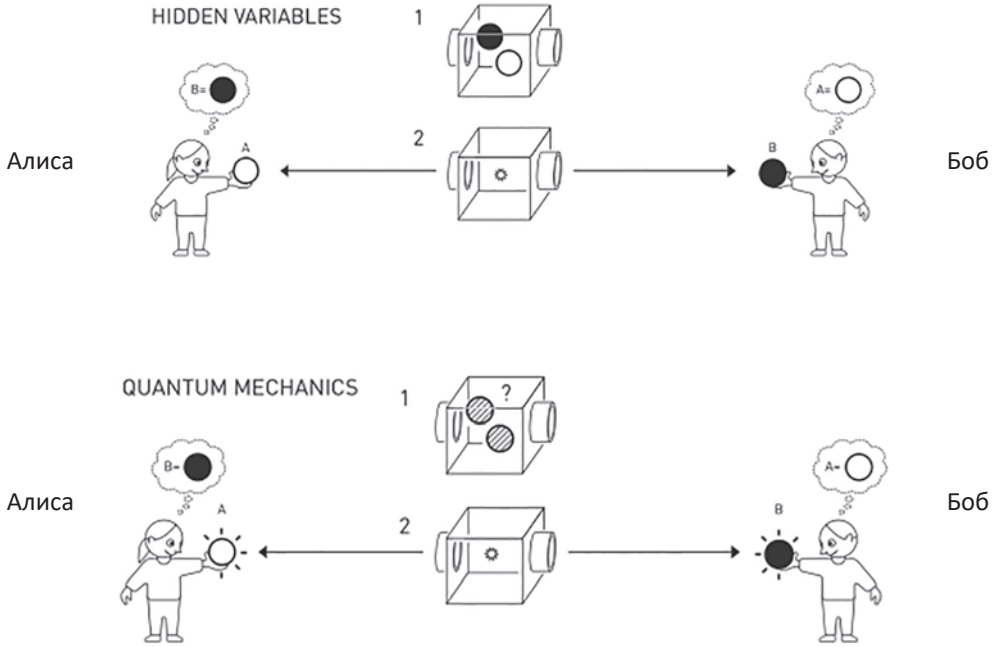
На страницата на Нобеловите награди беше публикувана статия под предизвикателното заглавие „Съществуват ли цвят, ако няма наблюдател“ (*Does colour exist when no one is watching?*).

Заплетените двойки на квантовата механика могат да бъдат сравнени с машина, която изхвърля топки с проти-

воположни цветове в противоположни посоки. Когато Боб хване топка и види, че е черна, той веднага разбира, че Алиса е хванала бяла. В теория, която използва скрити променливи, топките винаги са съдържали скрита информация за това какъв цвят ще се покаже. Квантовата механика обаче казва, че топките

са били сиви, докато някой не ги погледне, и едната случайно се оказва бяла, а другата – черна. Неравенствата на Бел показват, че има експерименти, които могат

да разграничат тези случаи. Такива експерименти доказаха, че описанието на квантовата механика е правилно.



©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

Източници: https://www.nobelprize.org/uploads/2022/10/fig2_fy_en_22_colours.pdf

„АЙНЩАЙН ВЪВ ВРЕМЕТО И ПРОСТРАНСТВОТО: ЖИВОТ В 99 ЧАСТИЦИ“ (Einstein in Time and Space: a Life in 99 Particles)

През ноември 2023 г. излезе от печат нова книга за Айнщайн с горното заглавие от издателство *Scribner Book Company*. Като се има предвид голямото количество книги, посветени на Айнщайн, възниква въпросът какво ново и интересно може да представи още една.

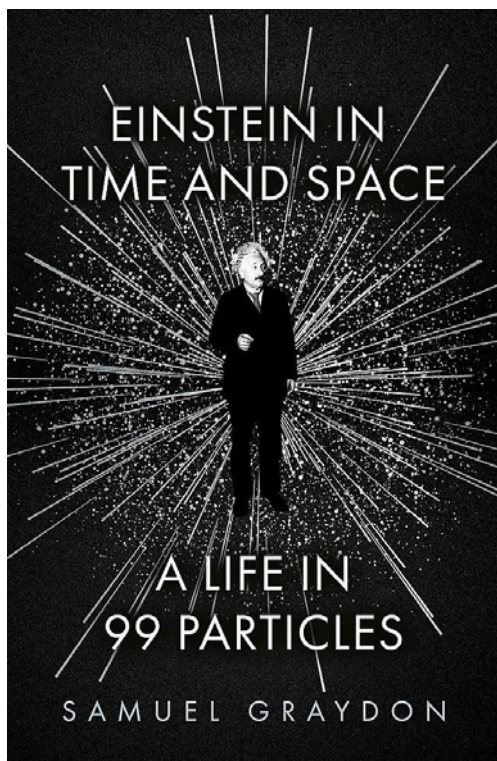
Всички знаем за него като физикът, носител на Нобелова награда, открил Теорията на относителността, черните

дупки и $E = mc^2$, вечерял с Чарли Чаплин в Холивуд и бил вдъхновението за наименованието на (силно радиоактивния) елемент 99 – айнщайний. Авторът Самуел Грейдън (*Samuel Graydon*), научен редактор в *Times Literary Supplement*, за да спечели интереса на издателите и рецензентите и да привлече читателите, е намерил нов аспект за биография на Айнщайн. Той не се опитва да обхване целия

му живот или работа. Всъщност „частици“, както и 99, в случая е игра на думи. Книгата съдържа 99 кратки глави, „частици“, всяка от които разглежда определен детайл от живота на учения, на който други биографи не биха обърнали внимание и не биха счели за достатъчно важни или уместни. Това често са анекдоти от писма, дневници или мемоари, които, взети поотделно, представят кратки житейски моменти и добавят щрихи към портрета на Айнщайн. Има глави, които се концен-

трират върху човек, който е важен за Айнщайн, от сестра му Мая до един от последните му приятели, математикът Курт Гьодел (*Kurt Gödel*) или негови научни сътрудници, включително първата му съпруга Милева Марич, „която години наред проверява работата му, преди да я изпрати за публикуване“. Айнщайн в тези страници е брилянтен теоретик, който е ужасен в математиката. Той е дружелюбен и чаровен, но също така и флиртаджия, който изневерява многократно и на двете си жени. Явен поддръжник на гражданските права в САЩ, но пише някои расистки бележки по време на пътуванията си в Азия. Отхвърля предложението да бъде втори президент на Израел. И той е толкова решен да продължи да пуши въпреки съветите на лекарите си, че се убеждава, че е приемливо, ако краде тютюн от приятели и колеги. Във *Physics World* съобщението за книгата е със заглавие „Алберт Айнщайн: живото, дишащо човешко същество“ (*Albert Einstein: the living, breathing human being*).

Според Андрю Робинсън (*Andrew Robinson*), автор на книгата „*Einstein: A Hundred Years of Relativity*“, това е биография-мозайка на един изключителен учен, представена с невероятно умение, стил, откровеност и чар. Това са 99 незабравими истории за човека, който предефинира начина, по който виждаме нашата Вселена и нашето място в нея.



Подбор и превод: Сашка Александрова



100 ГОДИНИ ОТ ОТКРИТИЕТО НА ЕФЕКТА НА КОМПТЪН

Димана Григорова, Стефан Лалковски

Идеята за корпускулярно-вълнов дуализъм е централна концепция в развитието на физиката през XX в. Противоречията, които възникват в съществуващите по това време теории за същността на светлината, пораждават силен интерес в научната общност, а разрешаването им се превръща в основна цел на множество изследвания. Експериментални наблюдения на феномени като излъчването на идеално черно тяло и фотоелектричния ефект поставят под въпрос вълновата природа на светлината.

Въпреки това в началото на XX в. теорията за съществуването на „светлинни частици“ продължава да поражда несъгласие във физичната общност. Теорията на Айнщайн за светлината като поток от „светлинни кванти“ е широко отхвърляна. През 1916 г. Робърт Миликан дори я определя като „толкова несъстоятелна, че не вярвам самият Айнщайн да я поддържа“.

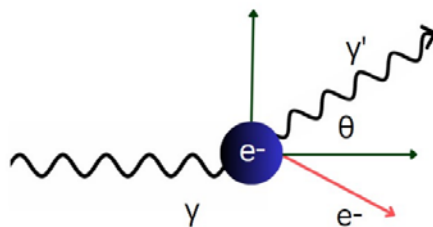
В края на XIX в. В. Рънтген, който по това време е професор във Вюрцбургския университет, открива нов вид лъчение, чиито свойства привидно не наподобяват тези на никое познато до момента природно явление.

Стремешът да бъде обяснено поведението на рентгеновите лъчи води до някои от най-значимите открития на физиката на XX в. Те са обект на изследване и на



Фигура 1. Рентгенова снимка на ръката на съпругата на В. Рънтген, 1896 г. [1]

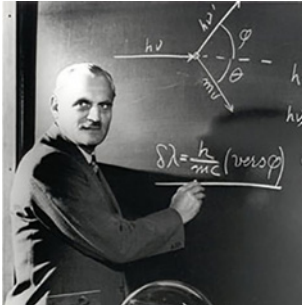
американския физик А. Х. Комптън, който в продължение на няколко години провежда серия от проучвания във Вашингтонския университет. Неговите експерименти целят изясняването на процеса на разсейване на рентгенови лъчи върху свободни електрони. Опитите на Комптън разкриват неочаквано поведение. Оказва се, че след разсейване дължината на вълната на рентгеновите лъчи



Фигура 2. Комптъново разсейване

се променя. Наблюдаваният нов феномен е напълно непонятен от гледна точка на класическата физика. За разлика от Томсъновото разсейване, известно от класическата електродинамика, в случая, освен промяна в енергията на фотона, се наблюдава и изменение на дължината на вълната му.

Фигура 3.
Артър Х.
Комптън,
1923 г. [2]



Този феномен носи името на откривателя си – Комптъново разсейване, а изменението в енергията на фотона се нарича Комптъново отместване. Комптъновият ефект се описва с формулата:

$$(\lambda - \lambda') = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta),$$

където m_e е масата в покой на електрона, c е скоростта на светлината, h е константата на Планк, θ е ъгълът на разсейване, λ е дължината на вълната преди разсейването, а λ' – след разсейването.

През 1923 г. резултатите от проучванията на Комптън са публикувани в статията „Квантова теория на разсейване на рентгеновите лъчи“ в списанието *Physical Review*. Четири години по-късно Комптън получава Нобелова награда по физика за откритието си.

Днес Комптъновият ефект се смята за фундаментално доказателство в подкрепа на теорията за корпускуларно-вълновия дуализъм на светлината. Откритието

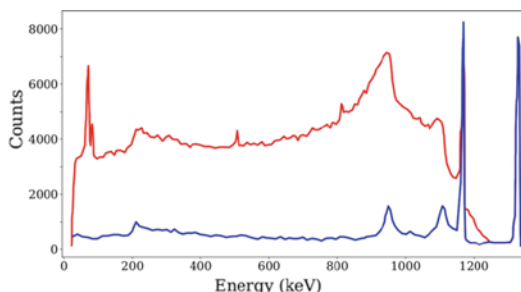
на Комптън не само революционизира тогавашните представи за природата на светлината, но и се оказва полезно в множество научни и приложни области, излизащи далеч извън границите на теоретичната физика.

Примерите, описани тук, представят само някои от съвременните приложения на ефекта на Комптън. В някои от разгледаните случаи използването на ефекта на Комптън дава полезна информация, в други случаи обаче води до нежелани ефекти.

Гама-спектрометрията е един от най-широко разпространените методи за изучаване на ядрената структура. Той се състои в детектиране на гама-кванти, излъчени от възбудени ядрени състояния. От енергията на детектираните гама-кванти могат да бъдат определени енергията на възбудените състояния на дадено ядро, съставляващи неговия спектър. Тъй като ядрените спектри носят важна информация за свойствата на ядрата, то прецизното определяне на енергиите на преходите е от особено значение. За гама-спектроскопични цели често се използват полупроводникови детектори с активна комптънова защита.

Спектърът на Комптъново разсейване на гама-кванти или рентгенови лъчи е непрекъснат. Формата му зависи от енергията на налитания гама-квант, от веществото, в което се разсейва, и от геометрията на експерименталната установка. В общия случай Комптъновото разсейване генерира фон, който често значително затруднява спектралния анализ. За да бъде намален приносът на фона, дължащ се на Комптъново разсейване, се използват съставни детектори в схема на антисъвпадения, която потиска събития-

та при които едновременно са сработили полупроводниковия детектор и сцинтилационен детектор от комптъновата защита. На Фигура 4 са показани два спектра, получени с детектор от свръхчист германий с и без комптънова защита. Графиката показва ефективното потискане на комптъновото плато, намиращо се вляво от двата пика на пълно поглъщане на ^{60}Co .



Фигура 4. Сравнение на спектри, получени с и без антикомптънова защита [3]

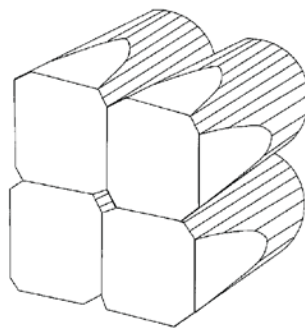
При по-ниски енергии доминиращият процес на взаимодействие е фотоефектът, който позволява точно определяне на енергията на гама-квантите. Фотоните, които са взаимодействали посредством фотоефект, се регистрират в пик с гаусова форма, наречен пик на пълно поглъщане. Комптъново разсеяните гама кванти, които напускат обема на детектора водят до загуба на енергия. Тези събития се регистрират в така нареченото „комптъново плато“, което се намира вляво от съответния пик на пълно поглъщане.

Ако един гама-квант напусне обема на детектора след комптъново разсейване, той се абсорбира от антикомптъновата защита и се отчита в съвпадение с прихванатия от детекторите гама-квант. В случай, че детекторът и защитата са сработили едновременно, в съвпадение,

електричната схема налага вето и данните не се записват.

Тази технология се прилага в почти всички съвременни спектрометри. Един от най-забележителните примери представлява американската многодетекторна система GAMMASPHERE, състояща се от 110 детектора от свръхчист германий (HPGe), всеки от които е поставен в комптънова защита от високоефективни сцинтилационни детектори от $\text{Vi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. В резултат на това фонът се редуцира, а спектърът се състои предимно от отчетливи пикове.

Комптъновият ефект позволява измерване на поляризацията на гама квантите с помощта на съставни германиеви детектори от тип *Clover*. Това е детектор, състоящ се от четири кристала от свръхчист германий, разположени в геометрия наподобяваща четирилистна детелина, както е показано на Фигура 5.



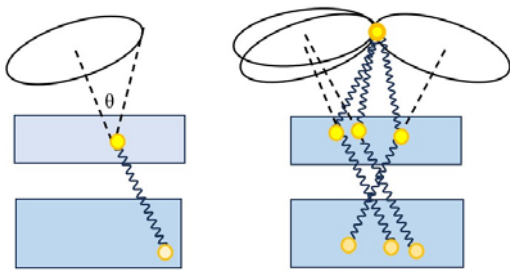
Фигура 5. Схема на CLOVER детектор [4]

В последното десетилетие се налага ново поколение от многодетекторни гама-спектрометри, състоящи се изцяло от полупроводникови детектори, без комптънова защита. Тези системи са изградени от електрически сегментирани детектори от свръхчист германий, които позволяват прецизно определяне на точката на всяко взаимодействие. При тях се използват

софтуерни алгоритми за изчисляване на енергията на детектираните гама кванти. Съществуват няколко многодетекторни системи, базирани на сегментирани германиеви детектори. Двете най-големи са американската GRETINA (*Gamma-Ray Energy Tracking Array*) и европейската AGATA (*Advanced Gamma Tracking Array*).

Ефектът на Комптън намира приложение и в устройствата за генериране на изображения на гама-източници, които се използват в астрофизиката и в медицината. Основна цел тук е точното определяне на положението на източника на гама-лъчите.

В случая за определяне на координатите на източника се използват две детекторни равнини – едната от които е подбрана така, че комптъновото разсейване да е максимално, а втората – да е максимално ефективна за поглъщане на разсеяните гама кванти. От пълната енер-



Фигура 6. Определяне на положението на източника на детектираните лъчи

Източници:

Текстът е базиран на статията: <https://www.nupec.org/npn/npn332.pdf>, стр. 32 – 36

1. <https://en.m.wikipedia.org/wiki/X-ray>

2. <https://s3.amazonaws.com/libapps/accounts/57772/images/ahc.jpg>

3. Sensharma, N. (2021). Wobbling Motion in Nuclei: Transverse, Longitudinal and Chiral.

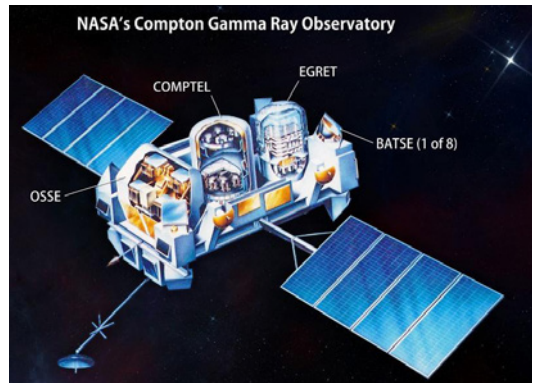
University of Notre Dame. <https://doi.org/10.7274/mg74qj7626t>

4. I Y Lee, M A Deleplanque and K Vetter. (2003). Developments in large gamma-ray detector arrays. Reports on Progress in Physics. 66. 1095. 10.1088/0034-4885/66/7/201.

5. <https://imagine.gsfc.nasa.gov/observatories/satellite/compton/mission.html>

гия, депозирана в двете равнини, и от геометрията, използвайки формулата на Комптън, може да бъде определен ъгълът, под който гама-квантът е проникнал в детектора. Всъщност за всяко такова събитие съществуват множество направления, формиращи конус с връх, съвпадащ с точката на първото взаимодействие. За множество такива събития се получават множество конуси. Сечението на основите на всички конуси задава позицията на източника.

На този принцип работи телескопът COMPTEL, който е част от орбитална обсерватория за гама-лъчи „Комптън“. Обсерваторията беше в експлоатация от 1991 г. до 2000 г. и основната ѝ функция беше да картографира космическите източници на гама-лъчи.



Фигура 7. Обсерватория за гама-лъчи „Комптън“ [5]



МЛАДЕЖКА НАУЧНА СЕСИЯ

за ученици и студенти на тема:



„ФИЗИКАТА И СВЕТЪТ НА ТЕХНОЛОГИИТЕ“

14 и 15 юни 2024 г.

по време на 52-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика на тема:

„Образованието по физика и дигиталните технологии“

(13-16 юни 2024 г., Сливен)

Младежката сесия ще се проведе в хибриден вариант – според желанието и възможностите на участниците:

- **присъствено** – в зала в град Сливен;
- **в онлайн режим** – чрез платформа, информация за която ще бъде изпратена на участниците допълнително и ще бъде качена на интернет страницата на конференцията: <http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/52NK.html>.

Участниците в сесията могат да представят компютърни презентации, интернет страници, идеи за компютърна анимация, разработки на демонстрации с разработени теми по избор, свързани с темата на Младежката сесия. Препоръчително е в разработките да се посочват източниците на използваната информация (книги, сайтове, публикации и т.н.).

Всички училища, които имат участници с проекти в Младежката научна сесия, ще получат безплатен абонамент за сп. „Светът на физиката“ за 2024 г., а участниците в Младежката научна сесия и техните ръководители – сертификати за участие. Училища, от които има отличени проекти с I, II и III награда в двете възрастови групи (5 – 8 кл. и 9 – 12 кл.), ще получат plakети, а авторите на отличените проекти с I, II, III и поощрителни награди – грамоти.

Ръководител на участник в Младежката научна сесия има възможност да получи сертификат за кандидатстване за получаване на кредити. Повече информация може да се получи в I-во съобщение на 52-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика.

Заявките за участие в Младежката научна сесия се подават чрез попълване на регистрационна форма: <https://forms.gle/YpZswst147VeExmo6>.

Краен срок – 03.06.2024 г.

60 ГОДИНИ ПО ПЪТЯ НА ТВОРЧЕСТВОТО* (автобиографичен очерк)

Проф. д.фз.н. Никола Балабанов

2018-та година беше своеобразен жалон по моя творчески път. Смятам я за 60-ия „километричен камък“ в своето развитие. Въпреки че от началото на творческия ми „маратон“ са изминали няколко десетилетия, споменът ми за стартовото събитие продължава да ме вълнува, заради неговата роля в моя живот.

Началото

Това се случи през лятото на 1958 г. Още по време на юнската изпитна сесия (завършвах трети курс на специалност „Физика“ в Софийския университет) ми съобщиха, че съм предложен за участие в Международната младежка конференция по мирно използване на атомната енергия. Конференцията беше насрочена за началото на август в Москва, така че имах на разположение един месец за подготовка.

По съвет на моя преподавател по атомна физика, проф. Леон Митрани, отидох в Института по физика към БАН и се свързах със ст.н.с. Елисавета Карамихайлова, ръководител на секция „Радиоактивност“. По-късно узнах, че тази жена е била първият български ядрен физик, работила около 20 години в престижни европейски ядрени центрове (Виена, Кеймбридж). През 1939 г. е била избрана за доцент в СУ (първата хабилитирана жена у нас), през 1945 г. – за ръководител на новосъздадената Катедра по атомна физика, а през 1955 г. била „преместена“ на работа в БАН (не искам да коментирам този акт).

И така, в продължение на целия месец юли аз посещавах лабораторията на проф. Карамихайлова, запознах се с ней-

ните изследвания (много актуални за времето, когато се проверяваха последиците от изпитанията на ядрени оръжия), както и с научната литература, свързана с проблемите на ядрената физика и енергетика. Това беше

рядък шанс за мене –

да работя под ръководството на тази жена, на свой ред специализирала при знаменити учени, пионери в изследванията на радиоактивността: проф. Ст. Майер (директор на Радиевия институт във Виена), лорд Ръдърфорд (открил атомното ядро) и неговия ученик Чадуик (открил неутрона).

След много години, през 2013 г., аз изразих своята признателност към проф. Карамихайлова, като издадохме заедно с колежката Пенка Лазарова книга за нея. Имам основание да я смятам за моя „кръстница“ в науката, а конференцията, за която тя ме подготви – за мой „прощъпулник“ в ядрената тематика.

Действително, конференцията се превърна във великолепен старт за мое развитие. В нея участваха млади учени от 27 страни, от всички континенти. Ос-

*Текстът на статията се базира на слово, прочетено от проф. Балабанов по време на тържествено честване 80-годишнината от рождението му в ПУ „Паисий Хилендарски“, 15 май 2017 г.

вен докладите, изнесени от изтъкнати учени, в програмата бяха включени посещения на значими обекти: първата в света ядрена електроцентрала (в гр. Обнинск), Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ – гр. Дубна), няколко специализирани институти и предприятия, в които се изследваха и внедряваха ядрени методи. Освен това имах възможност в свободното време да се докосна до голямата култура на Москва – музеи, художествени галерии и др.

Както вече споделих, това събитие предопредели цялото ми по-нататъшно развитие. Ако дотогава бях просто един съвместен студент, който усърдно преодолява сесия след сесия, семестър след семестър, след завръщането си от Москва имах някаква оформена цел в професионално отношение. През следващата година избрах тема за дипломна работа в областта на неутронната физика и успешно я разработих под ръководството на проф. Васил Христов в Ядрения институт (БАН).

Изключително приятно ми стана, когато много години по-късно, в обзорна статия, посветена на 25-годишнината от пускането на първия български реактор, ИРТ-2000 (1961), проф. В. Христов сподели, че разработената от мен измерителна методика е била използвана в практическата работа на Лабораторията по неутронно-физични изследвания към реактора. Лично за мене, разработването на дипломната работа ми даде не по-малко знания и умения, отколкото цялото ми следване. Те се превърнаха в солиден фундамент за следващите ми дейности – и като изследовател, и като преподавател.

Още през първата година от създаването на нашия университет (открит като

Висш природо-математически институт през 1961 г.), проф. Ж. Ламбрев ме покани да участвам в изследвания на естествената радиоактивност на някои животни. Имах пълна готовност за такива измервания, бързо създадох експериментална установка и работата започна веднага.

През есента на 1962 г. проф. Тодор Василев ми възложи подготовката на лабораторните практикуми по атомна и ядрена физика, чието изучаване предстоеше през следващата учебна година. Със съдействието на институтското ръководство успях да оборудвам създадената през 1963 г. Катедра по атомна физика с необходимите апарати, лабораторни мебели и радиоактивни изотопи. И до днес това оборудване съществува и се използва в катедрата.

Важни „постове“ в моя творчески марафон бяха: деветмесечната специализация в Ядрения институт към Московския университет (1965/66) и тригодишната ми дейност като ст.н.с. в Обединения институт за ядрени изследвания в Дубна (ОИЯИ, 1971 – 1973). За свое голямо постижение смятам, наред с получените от мен (и колегите) научни резултати, успешното включване през следващите години на цялата Катедра по атомна физика при Пловдивския университет в тематиката на ОИЯИ. Като резултат от това сътрудничество всички колеги от катедрата пребиваваха по няколко години (от 5 до 8) в този световен научен център, а трима от тях защитиха дисертации. Благодарение на това, Катедрата се утвърди като авторитетно научно звено. През 90-те години в ОИЯИ специализираха и наши студенти, най-напред като дипломанти, а след това и като научни сътрудници. По-късно, под влияние на

„ветровете на промените“ те се реализираха в други страни – Антон Тончев и Филип Кондев понастоящем са професори в американски университети, а Надежда Цонева – професор в Германия.

(Радвам се, че и сега наши випускници специализират в ОИЯИ и ЦЕРН. Продължават се традициите по приобщаването на Катедрата към голямата наука. Искане ми се все пак, изследователският дух да присъства и тук, в нашия университет, както някога в катедрата да се развива изследователска и конструкторска работа, а също кръжочна и обществена дейност.)

Какво всъщност направих аз в науката през изминалите 60 години? Ще заимствам откровението на един известен учен, споделено в интервю преди няколко години. На въпрос: **„Колко големи открития може да направи един учен през целия си живот?“**, той отговорил кратко и ясно:

„Едно или нито едно !“.

Е, аз принадлежа към втората категория учени – не съм направил нито едно голямо откритие. Но аз зная, че благодарение на моите (и на колегите ми) „малки открития“, чрез които проникнахме в интимния свят на няколко десетки вида атомни ядра, бяха получени оригинални резултати, стимулирали развитието на ядрената физика. Това е потвърдено от стотиците цитирания на наши резултати в научната литература, включително в монографии по теория на атомното ядро.

Това е предназначението на редовите учени – да участват в изследванията на определени участъци от голямата наука. Резултатите от тези изследвания се обобщават от големите учени, които създават модели и теории. Това ми напомня за мисията на обикновения човек, сполучливо

формулирана от един от героите в романа „Време разделно“ на Антон Дичев:

„...Светът е разделен от огромна крепостна стена. Всеки човек стои между два зъбера и пази една крачка от стената... Може да има един голям пълководец, който знае какво става по цялата стена. Аз виждам моята крачка...“.

Без да се копира и възприема буквално този текст, той може да се пренесе и приложи спрямо „крепостта наука“ (както понякога я наричаме). Всеки учен има свой участък и отговаря за него. Имам самочувствието (дано да е оправдано!), че съм се държал достойно на поверения ми в науката „участък“. Ето някои от постигнатите резултати (с риск да проявя нескромност):

- няколко стотици научни публикации и доклади, изнесени на национални и международни конференции;

- автор и съавтор на 9 учебника и учебни помагала, предназначени за висши и средни училища, както и на 21 научно-популярни книги;

- участие в разработването на повече от 50 ядрени методи и прибори, внедрени в промишлеността;

- научен ръководител на 8 докторанта и на десетки дипломанти с успешни разработки в ядрената физика;

- участие във всички методични конференции по физика у нас;

- най-вече, участие във великата щафета по предаване на знанията от поколение на поколение – за 51 години преподавателска дейност съм предал тази „щафета“ на хиляди мои студенти.

Към тези резултати мога да прибавя и други, свързани с научно-организационната и научно-административната дейност (критерии, които в БАН се из-

ползват):

- председател на Съюза на учените в Пловдив, на Съюза на физиците в града и на Пловдивската научна академия;

- ректор, зам.-ректор на Пловдивския университет, декан на Факултета по физика и 25 години ръководител на Катедрата по атомна физика;

- в продължение на 17 години член на специализирани звена по образование и наука към Министерски съвет: ВАК и НАОА; член на редколегиите на две списания, издавани в София и др.

Пенсионирах се през 2012 г. Преустанових своята преподавателска и изследователска дейност, но не и творческите си изяви. През тези години са написани и издадени 6 от моите книги. Само през 2018 г. участвах с доклади в четири научни конференции, а като рецензент – в три научни конкурса към БАН (включително в конкурс за академик). Приемам поканите за участие в тези прояви като известна оценка за моите приноси.

Може би това е краят на творческия ми път? Не зная, признавам, че имам още планове. Вече получих покана (и я приех) да участвам с доклад на следващата Национална конференция на Съюза на

физиците (април, 2019 г., Велико Търново). Имам намерение да преиздам някои от своите книги, да напиша нови.

На какво разчитам? На първо място – на здравето си, както и на подкрепата, която получавам от най-близките ми хора в семейството. Много съм благодарен на съдействието, което получавам от екипа на Университетската библиотека, ръководена от г-жа Милка Янкова – много ведър и деен човек. Благодарен съм за вниманието и грижите, които проявяват към мене, като читател, сътрудниците на библиотеката: Славена Запрянова, Елиана Йованович и Николина Петрова. Те, заедно с колегата си Димитър Родозов, осигуряват уют в библиотеката и компетентно обслужване на читателите. Благодарение на това, читалнята се е превърнала за мене в кабинет, в научна лаборатория, дори в приемна.

Библиотеките винаги са били за мене втори дом. Голяма част от времето на моето следване премина в Университетската библиотека на Софийския университет. Пренесох този навик и в нашата университетска библиотека. Продължавам и ще продължавам да бъда неин читател, докато силите ми позволяват.

Заклучение

Защо си позволих да споделя тези спомени и планове? Може би от суета? И не е ли това проява на нескромност? Допускам, че е така. Но заедно с това, много ми се иска да внеса известни корекции в оценъчната система на нашето общество.

Свидетели сме на голямото внимание, което се оказва на известни спортисти – футболисти, боксьори, атлети и др. Месеци преди техните изяви за тях се пише и говори по медиите. За-

що с подобно внимание не се отнасяме към изявени дейци в културната сфера – учители, учени, писатели, художници? В Пловдив има десетки такива личности.

Пример за такова отношение ни дават предшествениците. В началото на миналия век в Пловдив са били организирани вълнуващи тържества за юбилеите на наши възрожденци – Иван Вазов, Христо Г. Данов и др. За 50-годишния творчески юбилей на Христо Г. Данов (май, 1905

г.) в нашия град са били проведени тридневни тържества – с факелни шествия и манифестации, събрания, митинги и приеми, които са се превърнали в национален празник.

Както се вижда, за сто години оценъчната система на обществото е претърпяла сериозни изменения и има нови ориентирри. Това добре ли е?

Не зная дали оправдавам присъдено-

то ми преди няколко години обществено признание като „следовник на будителите“, но аз се стремя да изповядвам техните ценности. Разбира се, в новото време това може да е свързано с риска да не бъде разбран и да трупам нови „грехове“ към онези, които досега съм допуснал. Навлязъл в деветото си десетилетие, едва ли ще мога да се променя. Добре го е казал поетът (учен):

„Последните години приличат на песни,
на бездна от непредсказани вълнения.
Да пресметне греховете ми,
дори за компютър не е лесно,
но аз вървя и чакам нови грехопадения“.
(по Н. П. Дубинин)

И така, напред! Към нови грехове и постижения. В това е смисълът на живота!



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

Физикът д-р Марин Буков – носител на Голямата награда „Джон Атанасов“ за 2023 година

Пенка Лазарова



Д-р Марин Буков е лауреатът за 2023г. в Президентската инициатива Награда „Джон Атанасов“, наречена в чест на Джон Атанасов, известния изобретател от български произход, един от създателите на първия електронен компютър с регенеративна памет. В 21-годишната история на инициативата той е вторият физик след д-р Златко Минев (вж. „Светът на физиката“, бр. 1, 2021, с. 59), който през 2020 г. стана носител на престижната награда, с която се отличават изявили се в световен мащаб млади български учени и изследователи – до 35 години, в областта на компютърните науки.

Доктор Марин Буков е завършил средното си образование в 91 Немска езикова гимназия „Проф. Константин Гълъбов“, гр. София. Бакалавър по физика и бакалавър по математика на Мюнхенския университет Лудвиг-Максимилиан (*Ludwig-Maximilians-Universität*), Германия става през 2011 г., а през 2013 г. придобива там и магистърска степен по физика. През 2012 г. получава Награда

DAAD за изключителните постижения на чуждестранен студент в германските университети. В периода 2009 – 2013 г. е стипендиант на Министерството на науките в Бавария. През 2017 г. защитава докторска дисертация по физика в Бостънския университет (*Boston University*), Масачузетс, САЩ, след което спечелва стипендия за постдок на фондация „Мур“ (*Moore Foundation's independent postdoctoral fellowship*) в Калифорнийския университет (*UC Berkeley*, USA) за изключителни постижения във физиката, както и наградата „Гертруда и Морис Голдхабер“ (*Gertrude and Maurice Goldhaber Prize*). През 2020 г. печели индивидуална стипендия „Мария Склодовска-Кюри на Рамковата програма „Хоризонт 2020“ на Европейската комисия.

Д-р Марин Буков е създател и ръководител на научна група в Макс Планк Института за физика на комплексните системи в Дрезден (*Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems* (MPI-PKS)), Германия. Основните му научни

интереси са в разработването и използването на изкуствен интелект в квантовите технологии. Д-р Буков е създал първото по рода си приложение на алгоритми, използващи изкуствен интелект, който се самообучава да контролира и манипулира силно взаимодействащи квантови системи в извън равновесие. Той има научен принос и в разработката на алгоритми за машинно обучение, стоящи в основата на внедряването на програмен код в квантовите компютри. Разработил е и изцяло нова рамка за обучение, базирана на тензорни мрежи, която позволява прилагане на изкуствен интелект върху системи с множество взаимодействащи кубити (квантови битове информация).

През 2023 г. проект „*Nonequilibrium Many Body Control of Quantum Simulators*“ (неравновесен контрол на многочастични квантови симулатори), който цели разработването на теория за управление на неравновесни квантови системи с приложение в квантовите симулатори и квантовите компютри, с ръководител д-р Буков, е одобрен за финансиране от Европейския изследователски съвет в списък с 400 проекта за авангардни научни изследвания. Д-р Буков е съавтор на обзорната статия: „*A High-bias, Low-variance Introduction to Machine Learning for Physicists*“, която представя на физиците ключовите идеи зад съвременното дълбоко машинно обучение (*Deep Learning*). Тя е в топ 3 на най-изтегляните обзорни статии в престижното списание *Physics Reports* от публикуването ѝ през 2019 г., цитирана е над 900 пъти (*Google Scholar*)

„Приложението на квантовите технологии може да е доста пъстро – например те могат да доведат до сериозен пробив при забързването на определен вид алгоритми. В криптографията квантовите технологии също се очаква да доведат до нови криптоалгоритми и нови начини, по които може да се запазва и предпазва информа-

и в момента се използва като стандартна справка във въвеждащи курсове по машинно обучение за физици по света. Д-р Буков е участник и в международния екип от учени, който използва квантови компютри, за да провери за първи път равенството на Джарзински – един основен принцип в статистическата физика, за система от много взаимодействащи си частици. Резултатите от съвместното проучване са публикувани през 2023 г. в сп. *Physical Review X*.

Библиометричните данни на д-р Буков са впечатляващи. От неговите научни публикации 43 имат над 4500 цитирания в *Google scholar* и *h-index* 23 (към 01.01.2024 г.).

Впечатляваща е и преподавателската дейност на д-р Марин Буков. Той е създател на модерен едносеместриален лекционен курс на тема „Дълбоко обучение с утвърждение във физическите науки“, предложен за първи път в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ през 2020/21 г. Курсът, насочен към напреднали студенти от Факултета по математика и информатика и Физическия факултет на Софийския университет като избираем курс в магистърската програма по изкуствен интелект и различни програми по физика, се е радвал на висока оценка от студентите. Д-р Буков е и ръководител на дипломни работи на студенти, докторанти и постдокторанти от България и чужбина.

Ще завършим това кратко представяне на д-р Марин Буков с цитат от едно негово интервю в БНР:

цията. Квантовите симулации се очаква да доведат до пробив в квантовата физика, най-вече при синтезирането на нови материали със свойства по дадено предназначение. Също така и в квантовата химия – при фармацевтиката и създаването на молекули, които водят до синтезирането на нови лекарства. Това, може да се каже, е пътната карта за следващите 50 – 100 години“.

Източници:

<https://m.president.bg/bg/cat40/1652/marin-bukov-e-laureat-v-prezidentskata-iniciativa-nagrada-john-atanasoff-za-2023.html>

<https://mgbukov.github.io/>

<https://bnr.bg/radiobulgaria/post/101889379/d-r-marin-bukov-misal-cal-edin-kosmos>

<https://www.jobs.bg/blog/3976/patevoditel-v-kvantovia-svyat-marin-bukov-koyto-razkri-va-taynite-na-vselenata>

<https://www.phys.uni-sofia.bg/?p=23401>

52-РА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

на тема:

„Образованието по физика и дигиталните технологии“

13 – 16 юни 2024 г., Сливен

Важни срокове:

01.05.2024 г. – Подаване на заявка за участие в конференцията и изпращане на абстракт на e-mail: physconfedu@phys.uni-sofia.bg

30.04.2024 г. – Краен срок за плащане на намалена такса участие.

05.06.2024 г. – Краен срок за плащане на такса участие.

Повече информация на

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

**ГЛ. АС. Д-Р РОСИТА КОКОТАНЕКОВА –
ЛАУРЕАТ НА НАЦИОНАЛНАТА СТИПЕНДИАНТСКА ПРОГРАМА
„ЗА ЖЕНИТЕ В НАУКАТА“ ЗА 2023 Г.**

Пенка Лазарова



„Вярвам, че за астрономията в България предстоят все по-вълнуващи години! Нашата страна има традиции в тази област, а благодарение на увеличените инвестиции за наука в последните години се наблюдава и подобряване не само на наличната база, но и на изследователските възможности като цяло“.

Росита Кокотанекова

Д-р Росита Кокотанекова е една от трите лауреатки на Националната стипендиантска програма „За жените в науката“ за 2023 г., отличени сред повече от 30 млади жени учени, участнички в тринайсетото издание на един от най-престижните научни конкурси в страната, стартирал през 2010 г. в партньорство между L'Oréal България, СУ „Св. Климент Охридски“ и Националната комисия за ЮНЕСКО – България. Отличията имат за цел да подкрепят в ключов момент научноизследователската кариера

на младите жени учени, които са считани за „откривателите на утрешния ден“ и да ги вдъхновят да разкрият целия си научен потенциал за да реализират в България своите изследователски идеи и амбиции. Към момента програмата е отличила 36 млади българки, сред които 8 физички, за техния впечатляващ научен потенциал, кариера и любов към изследователската дейност, с общ награден фонд от 180 000 евро. Трите изключителни победителки бяха наградени с по 5000 евро всяка за своите амбициозни научни проекти в об-

ластите физика, химия и медицина. Всеки един от тези проекти е впечатляващ със своя висок потенциал за глобална приложимост и социална значимост.

Д-р Росита Кокотанекова е главен асистент в Института по астрономия с Национална астрономическа обсерватория към БАН. Тя е талантлив астроном с обширен опит в изучаването на малки небесни тела, което представлява рядко изследвана област. Има дългогодишен опит в изучаването на небесните тела, а Международният астрономически съюз отбеляза нейния принос за проучването на астероидите в пояса между Марс и Юпитер, като даде през юни 2021 г. на един от тях нейното име. Шесткилометровото парче скала (и може би малко лед), обикалящо в Главния астероиден пояс между Марс и Юпитер, вече носи името (42772) *Kokotanekova*. Признанието, което 30-годишната тогава Росита получава, е за работата ѝ по изучаване на повърхностните характеристики на комети, транснептунови обекти и други малки тела на Слънчевата система, използвайки наземна фотометрия.

Интересът на Росита към астрономията се заражда още през детските ѝ години. Двамата ѝ родители са астрономи, посветили професионалния си живот на преподаване в школи и на популяризиране на тази наука в Астрономическата обсерватория към МЦ Хасково и в НАОП „Джордано Бруно“ в Димитровград. При всяка възможност те са водили нея и брат ѝ заедно с другите си ученици на най-разнообразни астрономически наблюдения и експедиции. Така още съвсем рано Росита е имала уникалната възможност да наблюдава най-впечатляващи небесни явления, като пълни слънчеви и лунни

затъмнения, комети, метеорни потоци и други. След това започва да ходи на кръжок по астрономия в Обсерваторията в Хасково, където постепенно придобива по-конкретна представа за физичните принципи, които са отговорни за образуването на красивите небесни явления. С годините започва да се подготвя за олимпиадата по астрономия и за различни други конкурси по астрономия. През 2004 и 2005 г. участва в Международната олимпиада по астрономия в Крим, Украйна и Пекин, Китай.

След завършване на Природо-математическата гимназия в Хасково Росита Кокотанекова продължава образованието си в Университета *Jacobs* в Бремен, Германия, където завършва бакалавърска степен по земни и космически науки (2012). Следват магистратура по астрофизика в програма *Astromundus* и успешна защита на докторска дисертация по изучаване на кометите в Слънчевата система в Института „Макс Планк“, Германия, и *Open University*, Англия (2014), като по това време тя участва в научни проекти и стажове в Швейцария и в Смитсониян център – Харвард, САЩ. Учила е и е работила в институти и обсерватории в осем държави (България, Германия, Швейцария, САЩ, Австрия, Италия, Сърбия и Великобритания). От началото на докторантурата си, с цел наблюдение на космическите тела, многократно посещава обсерваториите Ла Сия и Паранал в Чили, както и Калар Алто и Ла Палма в Испания. По време на постдокторантурата си в Европейската южна обсерватория (*European Southern Observatory – ESO*) в Гархинг, близо до Мюнхен, Германия, работи по изследването на еволюцията на кометните ядра в Слънчевата система и

по проекти на Обсерваторията. След спечелен конкурс за една от престижните изследователски позиции в Европейската южна обсерватория в Гархинг, до 2021 г. развива независим научен проект, изследващ еволюцията на кометните ядра и тяхната връзка с други класове малки тела в Слънчевата система.

Сред постиженията на д-р Росита Кокотанекова са съавторство на над 20 научни публикации в престижни международни списания, спечелени проекти за наблюдателно време на едни от най-големите телескопи, членство в научните екипи на космическите мисии на Европейската космическа агенция – *Comet Interceptor* и HERA, както и DART – на НАСА, и организация на няколко специализирани международни конференции. DART и HERA са две мисии, които целят да развият технологиите за отклоняване на потенциално опасни астероиди, както и да подобрят разбирането ни за тези обекти. *Comet Interceptor* е космическа сонда, с която се цели достигането за първи път на дългопериодична комета или междузвезден обект

Проектът, с който д-р Кокотанекова печели наградата – „Участие в мисията *Comet Interceptor*/Еволюция на кометни ядра“, се състои от две части, фокусирани върху изследвания на два от етапите в еволюцията на кометите, в които се съдържа ключова информация за началото на Слънчевата система и факторите, които са допринесли за развитието на живота

на Земята. Едната част от проекта включва обработката на наблюдателни данни на Кентаври (кометни ядра, които се намират помежду планетите гиганти) с цел да се разкрие как еволюцията в тази част на Слънчевата система променя техните повърхности. Другата част от проекта е посветена на участието на д-р Кокотанекова в мисията на Европейската космическа агенция *Comet Interceptor*. Като част от научния екип на тази мисия, тя си е поставила научни задачи, които да спомогнат за избирането на възможно най-интересната и същевременно безопасна комета, която космическият апарат да посети. Познанията, които ще се придобият при успешно изпълнение на проекта, не само ще разширят общото разбиране за кометите, но и ще предоставят възможности за бъдещ добив на полезни ресурси в Космоса.

Благодарение на наградата д-р Кокотанекова ще има възможност да се включи активно в престижни конференции, където да затвърди участието си в международни проекти и да запази позициите си като ключов изследовател в мисията *Comet Interceptor*. Отличието ще ѝ позволи да осъществи наблюденията с някои от най-големите телескопи в Чили и на Канарските острови, както и да публикува резултатите от изследванията си в престижни международни списания.

Източници:
<https://www.zajenitevnaukata.bg/>
 MediaBricks.bg

ЦЕНТЪРЪТ ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО МЕХАТРОНИКА И ЧИСТИ ТЕХНОЛОГИИ – ЗАЯВКА НА БЪЛГАРИЯ ЗА МЯСТО НА КАРТАТА НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЯ ПРОГРЕС

Радостина Камбурова

Проектът „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ по процедура „Изграждане и развитие на центрове за върхови постижения“, чиято цел е да се подпомогне повишаването на нивото и пазарната ориентация на научноизследователските дейности на водещите научни организации в България, както и да се подобри капацитетът за реализиране на върхови постижения в областта на научните изследвания, стартира в края на месец февруари 2018 г. Това е най-големият проект, финансиран от ОП „Наука и образование за интелигентен растеж“.

Реализирането на проекта се осъществява на основата на три стълба – Българската академия на науките, Софийския университет „Св. Климент Охридски“ и Техническите университети в България с партньор Химикотехнологичния и металургичен университет. Подборът на участниците е извършен от две независими групи чрез идентифициране на водещите научни организации в България в областта на мехатрониката и чистите технологии съгласно международните база данни *Web of Science* и *Scopus*. Някои от постиженията на партньорите са резултат от техни участия в създадени вече Центрове за върхови постижения, чието изграждане е осъществено главно със средства от Европейския съюз.

Ръководител на проекта в периода

2018 – 2023 г. е проф. Пламен Стефанов, а водеща организация в партньорството е Институтът по обща и неорганична химия на БАН. Управителният съвет с ръководител акад. Константин Хадживанов взема решенията относно общата политика на партньорите и дейностите по изпълнение на проекта. Осемчленният му състав включва по двама представители на трите основни организации: БАН, Софийския университет, Техническият университет и партньори.

Основната цел на проекта „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ е изграждането и развитието на съвременна научноизследователска инфраструктура, която да допринесе за реализирането на програмата за устойчив и интелигентен икономически растеж на Република България. За нейното постигане са мобилизирани най-добрите български научни колективи в дадена тематична област, които провеждат както фундаментални, така и приложни изследвания, ориентирани към решаване на проблеми на индустрията. Наред с това е приложено ефективно комбиниране на човешки и материални ресурси, опит и управленски методи.

Научната програма на Центъра е структурирана в рамките на четири работни пакета (РП), като всеки от тях е тематично ориентиран в синхрон с приоритетните направления на *Иновационната стратегия за интелигентна*

специализация на Република България 2014 – 2020.

РП1. Компютърно моделиране и развитието на технологии и нови материали за инженеринг и реинженеринг.

РП2. Електронни, оптични, сензорни и биомехатронни системи и технологии.

РП3. Мехатронни системи и технологии.

РП4. Чиста енергия и зелени технологии.

В резултат на изпълнението на проекта са създадени три големи научноизследователски комплекса, обособени като кампус „Гео Милев“, кампус „Лозенец“ и кампус „Студентски град“.

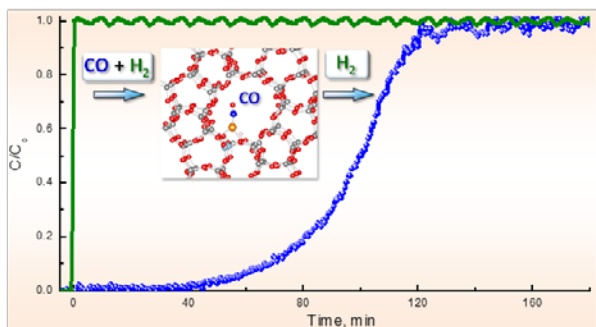
Кампус „Гео Милев“ е изграден съвместно от дванайсет научни звена на БАН: Институт по обща и неорганична химия, Институт по електрохимия и енергийни системи, Институт по катализ, Институт по металознание, съоръжения и технологии с Център по хидро- и аеродинамика, Институт по механика, Институт по минералогия и кристалография, Институт по оптически материали и технологии, Институт по органична химия с Център по фитохимия, Институт по полимери, Институт по физика на твърдото тяло, Институт по физикохимия и Централна лаборатория по приложна физика – Пловдив. Координиращата организация на

кампус „Гео Милев“ е Институтът по обща и неорганична химия с директор проф. Радостина Стоянова.

Общата стойност на инвестицията в кампус „Гео Милев“ е 24 млн. лв., от които 5 млн. са използвани за извършване на строително-монтажни дейности, а останалите 19 млн. лв. е доставено ново научно оборудване. Изградената уникална за страната научна инфраструктура е разпределена в 20 новосъздадени и 10 обновени лаборатории. 13 от новосъздадените лаборатории са разположени в реконструирания и модернизирания блок 29, който се намира на ул. „Акад. Георги Бончев“ в Научен комплекс на БАН – IV километър, и преди 5 години представляваше необитаема, рушаща се сграда. В реновирувания блок 29 с разгърнатата площ 1800 кв. м освен лабораториите с офиси към тях се помещават общи инфраструктурни единици, зала, обслужваща целия Център, и офис за контакти с бизнес организации. Създаденият комплекс предоставя необходимите условия за провеждане на фундаментални и приложни изследвания както в областта на мехатрониката, така и в областта на чистите технологии с цел подпомагане прехода на България към зелена, енергоефективна и кръгова икономика.



Модернизируваният блок 29 в кампус „Гео Милев“

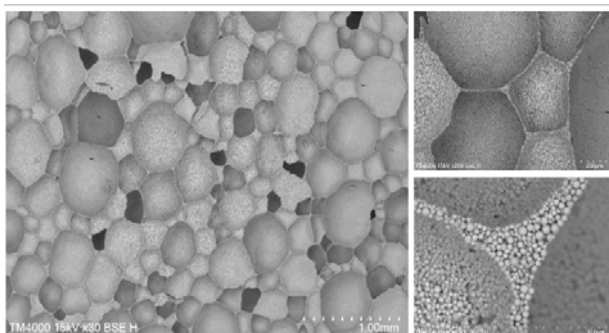


Пречистване на водород от въглероден оксид с адсорбента Cu/ZSM-5

През петгодишния период на изпълнение на проекта дейността на изследователите от кампус „Гео Милев“ е насочена към разработване на иновативни технологии за получаване, пречистване и съхранение на водород; за улавяне на въглероден диоксид (CO_2), за замяна на литиево-йонните батерии с по-безопасни и безвредни батерии; за пречистване на въздух, почви и води чрез каталитични и сорбционни технологии; за използване на отпадъчни продукти и тяхното реинтегриране в нови производства; за получаване на технологично важни материали чрез екосъобразни технологии. Получените резултати са публикувани в реномирани международни научни списания, които попадат в топ 10% на класацията *Web of Science*. Седем от учените в Лабораторния комплекс на БАН са сред първите най-добри учени в све-

та съгласно класацията на Станфордския университет.

Новосъздаденият по проекта „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ кампус „Лозенец“ към първото висше училище в България – Софийския университет „Св. Климент Охридски“ обединява учени от два факултета – Факултета по химия и фармация и Физическия факултет, чиито тематики са застъпени в обучението във Физико-математическото отделение още в първите години (1889/1890) на съществуването на Университета. В реконструираната сграда на ул. „Златовръх“ №28 са разположени 7 от 13-те обновени лаборатории на комплекса. Останалите обновени лаборатории се намират в съществуващите сгради на Факултета по химия и фармация и Физическия факултет.



Изследване на механичните свойства на порьозни керамични материали без синтерване

Специфичната инфраструктура на кампус „Лозенец“ с обща площ 1000 кв. м позволява фокусът на провежданите на световно ниво изследвания да е главно в областта на чистите технологии. В изследователският комплекс с ръководител чл.-кор. Тони Спасов работят редица учени с научна степен, както и млади изследователи, които са сред отличниците в своите випуски. Те разработват технологии за създаване и анализ на нови материали с приложение в ключови за зеления преход направления като контрол на чистотата на околната среда и съхраняването на енергия.



Сървърен клъстер за изчисления

Комплекс „Лозенец“ разполага и с модерен Център за високоефективни изчисления, в които се провеждат кван-

товохимични, молекулномеханични и молекулнодинамични изчисления на моделни системи с различен размер – от единични молекули до мултимолекулни системи, състоящи се от 10^4 – 10^5 атома.

Модерната база на кампуса може да бъде използвана както за подпомагане на бизнеса с иновации за развитие на кръгова икономика и нисковъглеродно производство, така и за подготовка на млади изследователи в приоритетните за България области съгласно разработената от Министерството на иновациите и растежа *Иновационна стратегия за интелигентна специализация 2021 – 2027*.

Изследователският комплекс „Студентски град“ с ръководител проф. Георги Тодоров представлява обединение от Техническия университет – София, Техническия университет – Варна, Техническия университет – Габрово и Химикотехнологичния и металургичен университет. Той е изграден съобразно изискванията на Националната програмата за развитие „България 2030“. Състои се от 11 лаборатории с 21 секции, като 16 от тях са разположени в реконструирания учебен блок 8 на Техническия университет в София – модерна двуетажна структура, оборудвана със стендове на световно ниво.



Реконструираният блок 8 в Техническия университет – София

В кампус „Студентски град“ се провеждат изследвания в областите механика, виртуално инженерство и дигитални производства, биомехатроника, роботизирани системи, вибрационни и акустични системи за управление, функционални покрития и нови материали, транспортен инженеринг, електромобилност и др. Част от инженерните решения са разработени от изследователските екипи на Техническия университет – София за изпълнение на научната програма на Центъра и за обслужване на бизнеса в България. Една от тях е системата за прототипиране на сложни изделия или тяхното индустриализиране.

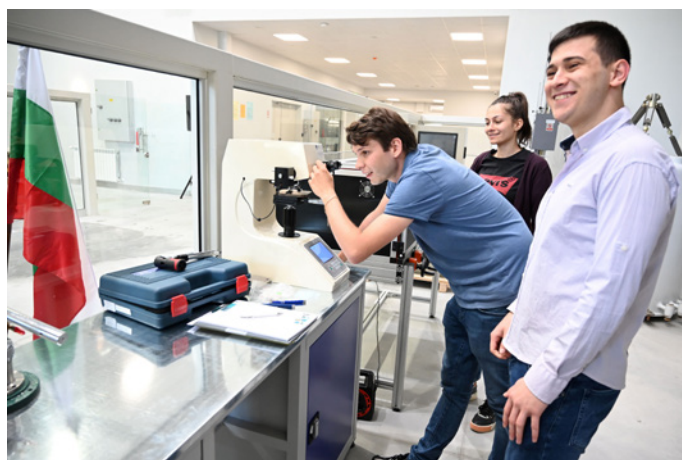
Така изследователи, докторанти и студенти могат да бъдат не само ползватели, а да са стъпка напред в технологиите. Голяма част от оборудването е ориентирано към конкретните потребности на бизнеса, най-вече към стартър компаниите.

В кампуса работят първенци от 3 випуска, обучават се студенти и докторанти, разработват се готови пазарни продукти и се трансферират технологии към индустрията. Поради приложно ориентираната



Системата за прототипиране на сложни изделия

си дейност научноизследователските екипи участват в няколко съвместни проекта, основно с български партньори. Един от тях е договор с предмет: „Обследване и анализ на възможността за работа за ХА 3 в ПАВЕЦ „Чаира“, сключен с „Национална електрическа компания“ ЕАД. Работейки за намиране на решения на наболелите въпроси на икономиката и обществото като енергийна ефективност, опазване на околната среда, здравеопазване и за подготовката на бъдещия технически елит на страната, учените изпълняват своя социален дълг. С активното си сътрудничество както с партньори от научноизследователския сектор, така и



от бизнеса те допринасят за успешното развитие на Центъра за върхови постижения по мехатроника и чисти технологии.

Центърът за върхови постижение по мехатроника и чисти технологии е изграден на принципа „комплементарност-синергизъм“ с цел да се постигне качествено ново ниво на познанието в няколко взаимно припокриващи се икономически сегмента: механика, роботика, енергийна ефективност, устойчиво използване на суровини и ресурси, редуциране на парникови емисии. Наред с модерната апаратура от световен клас той разполага с голям брой учени с различна област на експертиза, което позволява за всяка разработка да се правят плаващи изследователски колективи. В резултат на добре функциониращата инфраструктура и създадените мултидисциплинарни екипи, добре познаващи съвременните проблеми, за 5 години са получени върхо-

ви научни резултати, публикувани в 597 статии в списания с висок импакт фактор: от тях 123 са в списания с квантил Q1, 114 – с квантил Q2, 42 – с квантил Q3 и 318 – с квантил Q4. 17 публикации са в топ 10% на класацията *Web of Science*. Установени са международни сътрудничества, създадени са иновативни научно-приложни продукти и е ускорен преносът им към индустрията, подготвени са кадри за високотехнологични производства. Всичко това допринася за повишаване конкурентоспособността на българската икономика във важни за страната и за Европейския съюз технологични области, за участие на страната ни в зелената сделка и според президента Румен Радев:

„С този център България дава силна заявка, че иска да се върне на картата на научно-техническия прогрес, където ни е мястото“.



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



МОЕТО БЪДЕЩЕ НА СПЕЦИАЛИСТ – МЕЧТИ, ПЛАНОВЕ И РЕАЛНОСТ*

Христа Юлиянова Иванова

Всички ние сме устроени така, че винаги по един или друг начин да следваме своите мечти. Продължаваме по пътя, който криволичи и се променя, но се стремим да се усъвършенстваме, използвайки придобитите знания и умения и така достигаме крайната цел.

Всеки един човек постоянно си задава въпроса какво ще прави в бъдеще и каква всъщност е реалността, пред която е изправен. Когато си достатъчно мотивиран и посветен на идеята си, се стремиш да я превърнеш в реалност. Например много учени през вековете, а дори и в днешно време, променят своя поглед над нещата, за да достигнат до големи открития, но това не значи, че те са се отказали от своя план, просто са го предефинирали. Един специалист не е бил винаги такъв и това е факт, но за да станеш се изисква да започнеш отнякъде, а именно от мечтата. Като човек, който има за цел да бъде полезен за обществото с нещо, което би променило представата ни за физиката и света, смятам, че първата стъпка е да дръзнеш да мечтаеш. Разбира се, това трябва да се надгради с много работа и усилия, които биват възнаградени.

След като основите са положени, зависи от нас да довършим паважа на своя път. Бих казала, че до достигането на това

да си специалист в областта е като строенето на сграда – трябва ти план, по който да започнеш да слагаш основите. След това идва тежката работа, която смея да кажа, в областта на физиката се отплаща добре. Плановете обаче се променят според обстоятелствата, тъй като се появяват пречки, които не сме предвидили, но можем бързо да се адаптираме към тях като добри архитекти. Така че е хубаво да се пооглеждаме от време на време къде стоим и какви са следващите ни стъпки. Връщайки се назад във времето, осъзнавам, че желанията ми за това, с коя област на физиката искам да се занимавам, са се изменили коренно поради различни причини, довели ме до днешното ми решение за моето бъдеще. Въпреки това моята първоначална мечта е в основата на всичко, което върша в момента, а именно да се занимавам с теоретична физика.

Пътят, който ми предстои да измина, ще бъде много предизвикателен и труден, но вярвам, че имам правилния подход и с достатъчно количество инат и желание бих могла да се усъвършенствам в начинанието, което съм предприела. За момента планът ми е да завърша образованието си и едновременно с това да направя връзки с хора, които биха ме приобщили към научната общност, и с които бих обмени-

*Носител на стипендия „Акад. Георги Наджаков“ на фондация „Еврика“ за овладяването на знания в областта на физиката на фондация „Еврика“ за учебната 2023/2024 г.

ла знания и опит. Смятам, че с взаимна помощ могат да се постигнат велики неща. Пример за това са не само учените във всички сфери, но и хората в артистичните среди. Много художници биват повлиявани от други и стилът им се променя с времето, представяйки нещо ново на света, като например Пикасо, който ни е дал кубизма. Това показва, че не всяка промяна в нашите планове е нещо лошо, дори напротив, от нея могат да се родят наистина велики идеи или както се казва често „превърни дефекта в ефект“.

Смятам, че за да се усъвършенстваме в определена област, не трябва да гледаме само към тези, които са успели да станат специалисти в нея, но и към тези, които работят в това направление. Много полезно е, ако човек има различни гледни точки, да може сам да прецени къде стои

на картата на живота. Разбира се, всички сме уникални и различни неща биха проработили за бъдещето на всеки един индивид. В този ред на мисли, събирането на информация от различни хора се оказва полезно за моето развитие. Видях кое ми е интересно като област във физиката и така успях да се насоча отрано накъде искам да продължа своето развитие.

В обобщение мога да кажа, че животът ни е низ от планирания, промени и мечти и въпреки всички препятствия е наистина важно да останем верни на себе си и своите мечти. Всяка грешка може да се счита за урок, който ни приближава до целта. Мисля, че в момента имам реална представа какво ще направя със своето бъдеще за да стана специалист в своята област и да се опитам да дам нещо от себе си на света.

ВОДЕН СБЛЪСЪК**

Яна Миленкова

В този кадър са уловени падащи хоризонтално капки вода върху вертикална повърхност на съд с вода. При сблъсъкът на капката с плоската водна повърхност, кълбовидната ѝ форма става „палачинковидна“ и плоска. В резултат на кинетичната енергия се разстила върху повърхността, напрежението на която я кара се събере отново със скоростта, с която е паднала. Тогава краищата на капката стават нестабилни и се повдигат от повърхността. Ако скоростта е достатъчно голяма се образува воден стълб, от който издигайки се се откъсва капка. Точно в този момент надолу летят още две капки вода, едната от които се сблъсква с отделената от стълба капка – това е моментът, уловен в снимката. Това физическо явление е колкото красиво, толкова и трудно за заснемане, защото се случва за части от секундата. Освен него, в кадъра се вижда и отражение на водния стълб. Едно толкова малко и бързо, но изключително изящно физическо явление показва, че красотата има навсякъде около нас, дори в дребните прозаични неща като капка в купа с вода.

** Снимка на корицата – класирана на първо място в Национален фотоконкурс'23 „Красивото във физиката“

ДВАДЕСЕТ ГОДИНИ БЕЗ СТ.Н.С. Д-Р ДЕЧКО КАРАДЖОВ

На 3 януари 2024 г. се навършиха 20 години от смъртта на ст.н.с. д-р Дечко Христов Караджов. Той е роден на 31.08.1943 г. в гр. София. През 1961 г. завършва столичната 21-ва гимназия със златен медал. През 1963 г. е приет за студент по „Физика – производствен профил“ във Физическия факултет на Софийския университет „Свети Климент Охридски“. През 1968 г. се дипломира с отличен успех по специалността „Ядрена физика“ и започва работа като младши научен сътрудник във Физическия институт на БАН заедно със съпругата си и негова колежка Йорданка Пиперова в проблемната група по ядрени реакции с ръководител акад. Емил Г. Наджаков. През 1970 г. заминава на дългосрочна командировка в Лабораторията по теоретична физика в сектора, ръководен от проф. В. Г. Соловьев на Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) в гр. Дубна, Русия, където работи с малки прекъсвания до 1993 г. През 1971 г. е избран за научен сътрудник I-ва степен в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) при БАН в Проблемната група по ядрени реакции в сектор „Спектроскопия“. Докторската си дисертация на тема „Енергия на ротационните състояния на атомните ядра и влияние на спина върху несдвоените ядра“ защитава в ОИЯИ – Дубна през 1974 г. Престоят в Дубна е твърде плодотворен за Д. Караджов. Първоначално съвместно с Игор Михайлов от Лабораторията по теоретична физика и акад. Е. Наджаков Д. Караджов разработва подход за микроскопично описание на ротационното движение в атомните ядра.

Впоследствие, съвместно с В. В. Воронов и колеги от Италия, Д. Караджов изучава влиянието на броя на квазичастиците в основно състояние върху свойствата на възбудените състояния в ядрата. Създаден е метод, който позволява точно отчитане на този ефект, а също пресмятане на поправки в структурата на първите вибрационни състояния.

След завръщането си от Дубна през 1993 г. Д. Караджов е избран за старши научен сътрудник II степен (доцент) и развива многопланова научно-организационна дейност. През 1994 г. е назначен за зам.-директор по научната работа на ИЯИЯЕ, на която длъжност го застига преждевременната му смърт. През същата година става член на Комисията за сътрудничество с ОИЯИ – Дубна към Пълномощния представител на РБългария в ОИЯИ. Член е на Експертния съвет по информационно и комуникационно обслужване при УС на БАН и председател на Комисията по компютърни мрежи и комуникации при Съвета на директорите на физическите институти на БАН в направление „Физически науки“.

По време на дългогодишната си работа в ОИЯИ Дечко Караджов се запознава както с предимствата, които дават компютърните мрежи за обмен на информация и компютърните сървъри за предоставяне на услуги на потребителите, така и с подходящи хора, които подкрепят идеите му за пренасяне на натрупания там опит у нас. Като заместник-директор на ИЯИЯЕ в сътрудничество с В. В. Кореньков – ръководител на Лабораторията по изчислителна техника и автоматизация

(ЛВТА) на ОИЯИ, създават подходящи условия да бъде организиран наличният в ИЯИЯЕ и Единния център по физика човешки потенциал, както и да бъдат усвоени целеви финансови средства от ОИЯИ, предназначени за развитие на комуникациите между Обединения институт и институтите в страните членки, което позволява привличането на млади научни кадри, работещи по съвместни теми.

Като уважаван и авторитетен учен, както и в изпълнение на задълженията си като заместник-директор на ИЯИЯЕ, той е водещият инициатор, организатор и ръководител за създаването на компютърната мрежа на институтите на БАН в района на 8-ми километър, както и на създаването на компютърната фирма за работа на специалисти при директна връзка с ЦЕРН в Швейцария. С поставянето на основите на комуникационната система NUCLEAR отделните институти започват да инвестират в развитието и управлението на собствени компютърни мрежи – при това по различен начин, в зависимост от индивидуалните си нужди. От тази гледна точка, Дечко Караджов като зам.-директор на ИЯИЯЕ с ресор „Информационни технологии“ отговаря за инсталирането, администрирането и поддръжката на компютърните мрежи и системи, предоставянето на мрежови услуги и достъп до Интернет, поддръжката на потребители, клъстерни и GRID изчисления, разработката на уеб сайтове и др. Така се създават благоприятни условия за планирането, организирането и осъществяването на оптичната комуникационна мрежа NUCLEAR на територията на БАН.

Научните изследвания на Дечко Ка-

раджов са свързани с ядрената структура, теорията на ядрените реакции, изчислителната физика, моделирането и числовия анализ на физически системи. Той е автор и съавтор на около 100 научни публикации в реномирани научни списания като *Physics Letters B*, *Nuclear Physics A*, *J. Phys. G: Nuclear and Particle Physics*, *Journal of Computational Physics*, *Физика элементарных частиц и атомного ядра* (ЭЧАЯ) (списанието се превежда и издава на английски език от издателската група *Pleiades Publishing*, <https://www.pleiades.online/>), *Ядерная физика*, препринти на ОИЯИ и на множество доклади на редица авторитетни международни конференции и семинари. Той има приноси в създаване на методи за числено решаване на нелинейни системи уравнения. Работи съвместно и със специалисти по квазипотенциалния подход в теорията на полето.

Научните резултати на доц. Караджов са свързани със създаване на ядрени модели за изучаване на структурата на атомните ядра. Това включва: микроскопично описание на връзката между основни бета- и гама-ивици в ядрата; включване на ядрената ротация за описание на свързаните колективни възбуждания на ядрата в рамките на квазифононния модел, развиван от проф. В. Г. Соловьев и сътрудници; създаване на нов тип алгебричен апарат за оператори на преход при ядрена ротация (т.нар. ротони); работа по създаване на единна теория на свързани колективни възбуждания (вибрации и ротации), както и модела на взаимодействията бозони; разширено приближение на случайните фази и метода на Липкин-Ногами; корелации в основно състояние и анхармоничност на ядрените вибрации; ефекти на корелации

в основно състояние върху структурата на вибрационните състояния и преходните зарядови плътности; разработване на числени методи, алгоритми и програми.

Съпругата на ст.н.с. д-р Дечко Караджов – д-р Йорданка Пиперова, беше старши научен сътрудник в ИЯИЯЕ – БАН. Тя работеше съвместно с него по общи тематика както в Института, така и по време на дългосрочните им командировки в Лабораторията по теоретична физика в ОИЯИ – Дубна. Научните ѝ изследвания бяха свързани предимно с теорията на свързаните ротационни ивици в четно-четни ядра, със свойствата на ротационните движения в ядрата, с изследвания на валидността на модела на течната капка при крайни моменти на импулса и други. Интелигентен и скромнен човек, активен физик и математик, тя беше винаги готова да помогне на

по-младите си колеги и винаги е била със значителен принос в авторските колективи при провежданите изследвания.

Всеотдайната работа на д-р Караджов като специалист и заместник-директор се отрази върху здравето му, но не сложи творческия му дух и инициативност. Напусна ни на 3 януари 2004 г. след тежко и продължително боледуване. Наред с много добрите си качества като физик и математик, ст.н.с. д-р Дечко Караджов бе изключително интелигентен човек с голяма обща култура, винаги коректен и дружелюбен към колегите и приятелите си, с прекрасно чувство за хумор.

Неговите заслуги за изграждането на физическите науки у нас бяха заслужено отличени с най-високото отличие на Българската академия на науките – Почетния знак на БАН.

СТАНЕТЕ НАШИ АВТОРИ

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

Броевете на списанието можете да намерите на сайта ни

wop.phys.uni-sofia.bg

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

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

Корица: Воден сблъсък, автор Яна Миленкова, 4 курс, Софийски университет „Свети Климент Охридски“ – Първо място в крайното класиране в Национален фотоконкурс’23 „Красивото във физиката“. По категории – първо място в класиране за Художествено представяне и трето място в класиране по Физично описание, категория студенти. Описание на стр. 60.

НАШИТЕ АВТОРИ:

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

Цветелина В. Паунска – доц. д-р, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

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

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

Никола Балабанов – проф. д.фз.н., Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“;

Пенка Лазарова – Съюз на физиците в България;

Радостина Камбурова – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на наукит;

Христа Юлиянова Иванова – студент III курс, бакалавър, специалност „Квантова и космическа теоретична физика“, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

Яна Миленкова – студент 4 курс, 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 талантливи младежи, подкрепя се участието им в научно-технически изяви, стимулира се провеждането на школи, летни университети и др.

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

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

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

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

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

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 1'2024

СЪДЪРЖАНИЕ

THE WORLD OF PHYSICS 1'2024

CONTENTS

РЕДАКЦИОННО

ФИЗИКА И ОБЩЕСТВО

– А. Драйшу – Популяризирането на физиката – необходима стъпка по пътя към устойчиво развитие

НАУКА

– Цв. Паунска – Електроцентрали на бъдещето. Съвременни термоядрени реактори

– С. Александрова – Важни постижения във физиката през 2023 г.

НОВИНИ

ГОДИШНИНА

– Д. Григорова, С. Лалковски – 100 години от откритието на ефекта на Комптън

– Н. Балабанов – 60 години по пътя на творчеството

НАГРАДИ

– П. Лазарова – Физикът д-р Марин Буков – носител на Голямата награда „Джон Атанасов“ за 2023 година

– П. Лазарова – Гл. ас. д-р Росита Кокотанекова – лауреат на Националната стипендиантска програма „За жените в науката“ за 2023 г.

ПРОЕКТИ

– Р. Камбурова – Център за върхови постижения по мехатроника и чисти технологии

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

– Х. Иванова – Моето бъдеще на специалист – мечти, планове и реалност

PERSONALIA

– Двадесет години без ст.н.с. д-р Дечко Караджов

EDITORIAL 1

PHYSICS AND SOCIETY

– A. Dreischuh – The Popularization of Physics – a Necessary Step on the Path to Sustainable Development 3

SCIENCE

– Ts. Paunska – Power Plants of the Future. Modern Thermonuclear Reactors 11

– S. Alexandrova – Important Advances in Physics in 2023 22

NEWS 31

ANNIVERSARY

– D. Grigorova, S. Lalkovski – 100 Years Since the Discovery of the Compton Effect 37

– N. Balabanov – 60 Years on the Path of Creativity 42

AWARDS

– P. Lazarova – Physicist Dr. Marin Bukov – Winner the President's Initiative „John Atanassov” Awards 2023 47

– P. Lazarova – Assist. Prof. Dr. Rosita Kokotaneikova – Award Winner of National Grants „For Women in Science“ for 2023 50

PROJECTS

– R. Kamburova – Center of Excellence in Mechatronics and Clean Technologies 53

YOUNG RESEARCHERS

– H. Ivanova – My Future as a Specialist – Dreams, Plans and Reality 59

PERSONALIA

– Twenty Years without Assoc. Prof. Dr. Dechko Karajov 61