



СЪЮЗ
НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

2'18

СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ

НА

ФИЗИКАТА

Удари между ядра в Свръхпроводящия колайдър RHIC

С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

том XLI, кн. 2, 2018 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

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

Никола Балабанов, Иван Лалов,
Мариана Кънева, Радостина
Камбурова, Борислав Павлов,
Светлен Тончев, Лилия Атанасова

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

Nicola Balabanov, Ivan Lalov,
Mariana Kuneva, Radostina
Kamburova, Borislav Pavlov,
Svetlen Tonchev, Liliya Atanasova

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

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

EDITORIAL COUNCIL

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

ВОДЕЩ БРОЯ: Сашка Александрова

VOLUME EDITOR: Sashka Alexandrova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 862 76 60

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861–4210

РЕДАКЦИОННО

Повод за настоящите бележки е най-светлият и вдъхновяващ български празник – 24 май. Не знам дали има и други народи, които в определен ден отдават дан и почит към знанието и културата, към началото на началата – азбуката. Това е празник и за нашето списание, което има за цел да разпространява знание за природата и законите, които я управляват.

По случай празника гост в телевизионно предаване беше известният и уважаван учител Теодоси Теодосиев. Водещият започна интервюто с познатия рефрен: „Днес ще бъде още един ден, в който нито синус, нито косинус ще ми трябват“, т.е. защо не учим децата на нещо практично и полезно, нещо за всекидневието? Това е мисъл, често споделяна широко в обществото. Кое да е това полезно нещо? Спонтанно ми идва на ум например как да си нарежат салата, но по-добре да отговорим с фразата, приписвана на различни учени: „Няма нищо по-практично от добрата теория“. Защото, ако Джеймс Максвел не знаеше какво е синус и косинус, щяхме да си светим със свещи и най-силната индустрия щеше да е производството на восък. След патента на Томас Едисън в продължение на повече от 100 години основен източник на светлина са лампите с нагреваема жичка. Както казваше акад. Г. Наджаков: „Жичка, ток през нея и свети – проста работа, ама да се сетиш“. Да „се сетиш“ означава да знаеш как става и защо това коства усилията на много учени и инженери – да се открие точният материал, от който да бъде жичката, светлината да е достатъчно ярка и да издържа дълго време. Ако Нобеловите лауреати по физика за 2014 г. Акасики, Аmano и Накамура (виж „Светът на физиката“, бр. 4/2014) не бяха изобретили сините светодиоди, нямаше да имаме ярки и икономични източници на бяла светлина, известните вече на всички *LED (Light-Emitting Diodes)*. Подобни примери нямат край. Но да се върнем на интервюто с Теодоси Теодосиев. Отговорът му, ако си позволя да го предам свободно, беше следният. Никой не оспорва необходимостта от занимания с фитнес, т.е. грижата за тялото, но необходимостта от грижата за ума също не бива да се поставя под съмнение. Тук виждаме ролята на списанието – да разпространява знание, да показва „чудесата на науката и нейната сила“. В настоящия брой разказваме за странното състояние на материята микросекунди след Големия взрив – кварк-глюонната плазма, за това как може да се строи електроника на бъдещето на базата на основния материал на живата природа – въглерода и неговите удивителни съединения, за най-екстремните предсказания на Общата теория на относителността – черните дупки, за 120-годишната история на Съюза на физиците в България, за първите учители и първите учебници по физика още от Възраждането, за живота на един от най-видните представители на физиката на една преходна епоха в средата на XX-век – Ричард Файнман, за работата му по проекта „Манхатън“

за създаването на атомната бомба и неговите прозрения и представи за бъдещето, които се реализират едва в днешни дни. Виждаме и интереса на нашите най-млади последователи към физиката и нейните велики представители. Доказателство е активното участие в Младежката научна сесия „Аз и физиката“ и представените есета в конкурса „Великите физици на Европа“ в рамките на 46-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика. Учениците представиха проектите си, разработени с много ентузиазъм и желание. Това ни убеждава, че сред идващото поколение растат бъдещи учени, инженери и изследователи, за които научните знания са несъмнена ценност.

Накрая искам да поздравя Редколегията на „Светът на физиката“ с първата година от официалното ѝ утвърждаване от Управителния съвет на СФБ. (Реалната си дейност Редколегията започна в края на 2016 г., издавайки бр. 4 за 2015 и броевете за 2016 г.). Радваме се на положителните отзиви на читателите и на многобройните „харесвания“ във Фейсбук. Радваме се, че можем да отразим и успехите, и наградите – от най-младите ни последователи, участниците в Младежката сесия на 46-ата Конференция по въпросите на обучението по физика, до високото отличие на акад. А. Петров – орден „Св. Св. Кирил и Методий“ за заслугите му в областта на образованието и природните науки.

Сашка Александрова
Главен редактор на „Светът на физиката“

Редакционната колегия на *Светът на физиката* от името на Съюза на физиците в България и от свое име поздравява акад. Александър Петров – председател и Почетен член на Съюза, и председател на Балканското физическо дружество със 70-годишния му юбилей. Заслугите му в науката като основоположник на нови направления и подходи в областта на течните кристали, физиката на меката материя и физиката на живата материя са общопризнати от световната физична общност и откривател на нови явления, което се вижда от вижда многобройните цитирания на неговите книги и научни статии и получените награди.



Израз на признание е и членството в бордове и редакционни колегии на *Europhysics News*, *European Biophysics Journal*, *Жидкие кристаллы*, *European Biophysics Journal*, дружества като Европейското физическо дружество, *World Innovation Foundation*, *The American Biographical Institute*, съорганизатор на I-ви и II-ри Световни конгреси по Биофлексоелектричество в Бъфало и Хюстън, САЩ гостувания като професор в редица университети и институти като Техническият университет в Мюнхен, Университета Париж-Юг, Орсе, Университета в Калабрия, Института по течни кристали, Кент, Охайо, САЩ.

Дейността му беше високо оценена с присъждането на Орден „Св. св. Кирил и Методий“ с огърлие „за особено значимите му заслуги в областта на образованието и природните науки“. Акад. Петров е и неуморен радетел на разпространението на физичните знания сред широката общественост. Той е председател на редакционния съвет на „Светът на физиката“ и негов активен член. Разчитаме и на по-нататъшната му подкрепа за списанието.

Пожелаваме на акад. Александър Петров здраве, нови върхове в науката и успешна работа за запазване и утвърждаване авторитета на българската физика и на Съюза на физиците в България – една от най-старите у нас неправителствени организации.



ЮБИЛЕЙНА 10^{-ТА} КОНФЕРЕНЦИЯ НА БАЛКАНСКИЯ ФИЗИЧЕСКИ СЪЮЗ (BPU 10)

От 26 до 30 август 2018 г. България ще бъде домакин на Юбилейната 10^{-та} конференция на Балканския физически съюз (BPU). Тя ще се проведе в Интер Експо Център в София под патронажа на Президента г-н Румен Радев. Организатор на конференцията е Съюзът на физиците в България.

През 1991 г. е поставено началото на традицията да се провежда Балканска конференция по физика на всеки 3 години, като страната-домакин се избира на ротационен принцип. BPU1 се провежда от 12 до 14 септември 1991 г. в Солун и тя става място, на което за първи път в историята на науката на Балканите, се събират повече от 600 физици. Във Втората балканска конференция по физика (BPU2, 12-14.09.1994 г., Измир) броят на участниците е още по-голям и достига 800 учени. Днес тя е известена с името Международна конференция по обща физика, отворена за учени от целия свят.

Балканската конференция по физика е създадена с цел насърчаване и подобряване на науката и обмена на знания и информация чрез връзки между учените, които да доведат до съвместни изследователски проекти и общи програми между Балканските страни. По тази причина нейната тематика е твърде широка и тази година тя включва 19 теми, отнасящи се не само до актуални физически проблеми, но и свързани с качеството на обучението по физика и историята на физическата наука.

Повече информация можете да намерите на сайта на конференцията:

<http://bpu10.balkanphysicalunion.com/>

<http://phys.uni-sofia.bg/upb/conference/BPU10/index.html>



THE LONDON SCHOOL
OF ECONOMICS AND
POLITICAL SCIENCE ■

SCHOLARSHIP Summer School



WIN A FULL SCHOLARSHIP FOR LONDON SCHOOL OF ECONOMICS SUMMER SCHOOL The Aleksander Foundation in collaboration with the Bulgarian City Club London

announces a competition for one full scholarship for the **Introduction to Data Science and Big Data Analytics** (30 July - 17 August 2018) programme.

The Application:

First Round – Documents

CV of maximum 2 pages

Essay (1000 words) on the topic of: **Discuss data science and big data analytics applications and possible outcomes giving examples from at least one Bulgarian company**

Send to: lse@aleksanderfoundation.org

Deadline: 18:00, June 10, 2018

Second round – Four short-listed candidates will be invited by e-mail for an interview. Results will be available on June 17.

Who can apply?

Students who possess excellent academic record and fluent English.

The scholarship will cover:

Cost of the course, accommodation at LSE Residence Hall, return plane ticket to London and daily expense allowance.

The Bulgarian City Club London has donated the scholarship for this year's LSE summer school. The winner of the scholarship will have the opportunity to meet some of the prominent club members.

For more information call **+359 882 28 28 28** or write to lse@aleksanderfoundation.org

КОГАТО КВАРКИТЕ БЯХА СВОБОДНИ

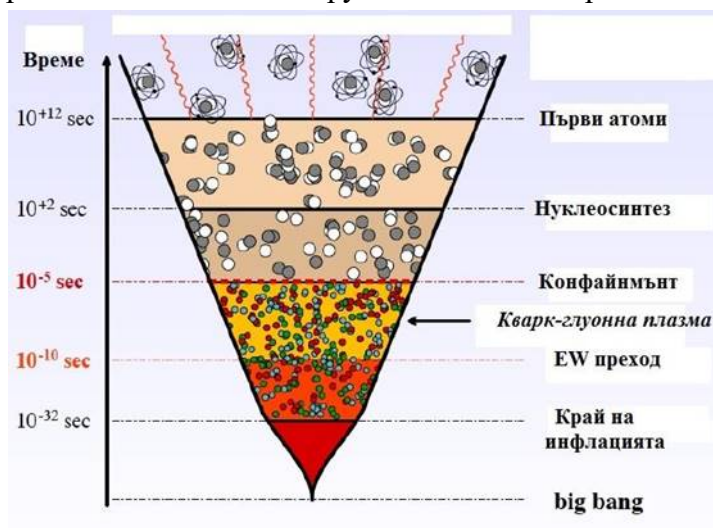
Динко Динев

Големият Взрив и малко след това

През последните десетилетия се събраха голям брой аргументи, говорещи в полза на космологичната хипотеза за Големия Взрив (*Big Bang*, съкратено *BB*). Всички наблюдавани от нас структури, от атомите до галактиките, са се образували в процеса на последващото разширяване и охлаждане на Вселената.

Няколко микросекунди след *BB* Вселената е представлявала много гореща и плътна „супа“ от кварки – фундаменталните частици на материята, и глюони – носителите на силното взаимодействие, които „слепват“ кварките един с друг в адроните. В този момент кварките и глюоните са слабо свързани и се движат относително свободно. Това състояние на материята се нарича кварк-глюонна плазма (*Quark-Gluon Plasma*, съкратено *QGP*) [1].

Съгласно съвременните представи за еволюцията на ранната Вселена (Фигура 1) при нейното охлаждане след *BB* протичат поредица от фазови преходи, свързани със спонтанно нарушаване на симетрията.



Фигура 1. Еволюция на ранната Вселена

Един такъв преход протича при температура от няколко стотин GeV (във физиката на частиците е прието да се използва система единици, в която $c = \hbar = k_B = 1$). Той е свързан с нарушаване на електрослабата симетрия и с появата на масите на елементарните частици.

Втори фазов преход, от QGP до обичайната адронна материя, се случва при температура около 200 MeV и е свързан със спонтанното нарушаване на киралната симетрия. Това се случва 10 μ s след BB . При своето охлаждане QGP „замръзва“ и кварките и глюоните се свързват в адрони. От този момент нататък кварките и глюоните остават завинаги „заточени“ в адроните. Това е известно като конфайнмънт. Връзката между кварките в адроните е толкова силна, че те не могат по никакъв начин да се измъкнат от своя плен. Всеки опит да „измъкнем“ кварк от адрон, внасяйки допълнителна енергия в системата, води само до създаването на нови адрони, които също са съставени от кварки, свързани един с друг от глюони.

Как да си приготвим „супа“ от кварки и глюони

Кварк-глюонната плазма (QGP) е състояние на силно взаимодействащата материя, в което кварките и глюоните са квазисвободни и образуват една непрекъсната среда. Това състояние се реализира при екстремално висока плътност и/или температура. В QGP адроните (бариони, мезони) губят своята идентичност и се разпадат до „супа“ от техните съставлящи компоненти – кварки и глюони.

Съществуването на такова състояние е предсказано през 70-те години на миналия век независимо от Кабибо и Паризи [2] и Колинс и Пери [3]. Това става само десет години след създаването на кварковия модел на адроните и две години след откриването от Грос, Уилчек и Полицер [4, 5] на т.нар. асимптотична свобода на кварките (Нобелова награда за 2004 г.).

Докато един атом може относително лесно да бъде разделен на съставлящите го електрони и атомни ядра, то кварките и глюоните, които формират адроните, при нормални условия са завинаги „заточени“ в тях (конфайнмънт).

Това, че в природата не се срещат свободни кварки, а те са групирани по двойки кварк-антикварк (мезони) и по три кварка (бариони), е свързано с факта, че силата на привличане между кварките не намалява с разстоянието между тях, а при големи разстояния остава постоянна.

При малки разстояния между кварките тяхното поведение е различно. На малки разстояния константата на свързване на силното взаимодействие $\alpha_s(r)$ логаритмично намалява с намаляване на разстоянието. Затова на малки разстояния кварките са почти свободни.

Съгласно съвременната теория на силното взаимодействие, квантовата хромодинамика (*Quantum Chromodynamics*, съкратено QCD), кварките са носители на специфичен заряд, наречен за нагледност „цвет“. Цветният заряд на един кварк може да приема три стойности: червен, син и зелен. Адроните са системи от кварки, чиито общ цветен заряд е равен на нула (безцветни).

Носителите на силното взаимодействие, глюоните, също притежават цветен заряд, който е комбинация от цветния заряд на кварките. Това е фундаментална разлика на QCD от теорията на електромагнитното взаимодействие, квантовата електродинамика. В квантовата електродинамика носителите на електромагнитното взаимодействие, фотоните, са електрически неутрални и не взаимодействат един с друг. Затова електромагнитният потенциал намалява с увеличаване на разстоянието.

Съвсем друга е картината при силното взаимодействие. Носителите на силното взаимодействие, глюоните, взаимодействат един с друг. Тяхното поведение е силно нелинейно. Това води до антиекраниране на цветния заряд на кварките. При проникване навътре в глюонния облак, окръжаващ един кварк, ефективният цветен заряд намалява. В границите на безкрайно малки разстояния между кварките цветното взаимодействие между тях се изключва. Това е същността на явлението асимптотична свобода.

В QCD се доказва, че на разстояние r по-малко от $0,1 \text{ fm}$ ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$) цветният потенциал V_{QCD} е от типа на кулоновия:

$$V_{QCD} = \frac{-4\alpha_s(r)}{3r} \quad (1)$$

Константата на връзка $\alpha_s(r)$ в (1) намалява логаритмично с намаляване на разстоянието или с увеличаване на предадения при взаимодействието импулс q ($r \sim 1/q$):

$$\alpha_s = \frac{2\pi}{7 \ln\left(\frac{q}{\Lambda_{QCD}}\right)} \quad (2)$$

Константата Λ_{QCD} има размерност на импулс и играе фундаментална роля в QCD . Тя има стойност $\Lambda_{QCD} = 200 \text{ MeV}$. Горната формула описва явлението асимптотична свобода на кварките.

На разстояния по-големи от 1 fm цветният потенциал е:

$$V_{QCD} = kr \quad (3)$$

където k е константа ($k = 1 \text{ GeV/fm}$).

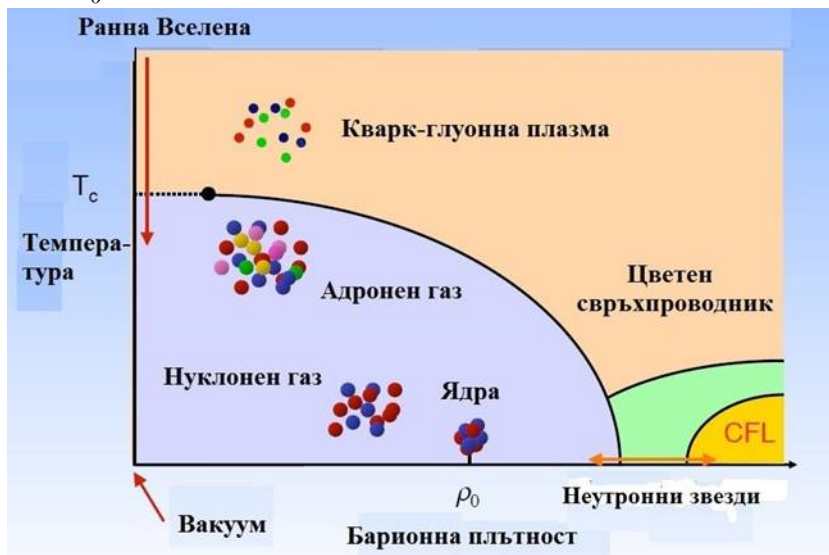
Формула (3) описва ефекта на антиекраниране – ефективният цветен заряд расте с разстоянието. Тя е в основата на описание на явлението конфайнмънт.

Свойството на кварките асимптотична свобода показва при какви условия може да се създаде QGP .

Както е известно, размерът на адроните е от порядъка на 1 fm . Нека компресиране адронния газ така, че разстоянието между адроните да бъде по-

малко от 1 fm. Сега вече около адроните няма да има вакуум, който отблъсква цветното поле, а ще има други адрони. Това води до екраниране на цветния потенциал на разстояния по-големи от 1 fm, при което кварките и глюоните вече могат да се движат свободно в целия обем, заеман от системата.

За създаването на *QGP* компресирането на адронния газ трябва да води до плътност на енергията от порядъка на 2 GeV/fm^3 (плътността на енергията в ядрото е $\rho_0 = 0.16 \text{ GeV/fm}^3$).



Фигура 2. Фазова диаграма на силно взаимодействащата материя

Друго условие за създаване на *QGP* е много високата температура. Когато температурата на адронния газ стане по-висока от масата на адроните, понататъшното загряване води не до увеличаване на кинетичната енергия, а до създаването на нови частици. Законът за запазване на барионния заряд диктува, че ще се създават двойки барион-антибарион и неутрални частици, γ , π^0 . При висока температура плътността на частиците расте като T^3 .

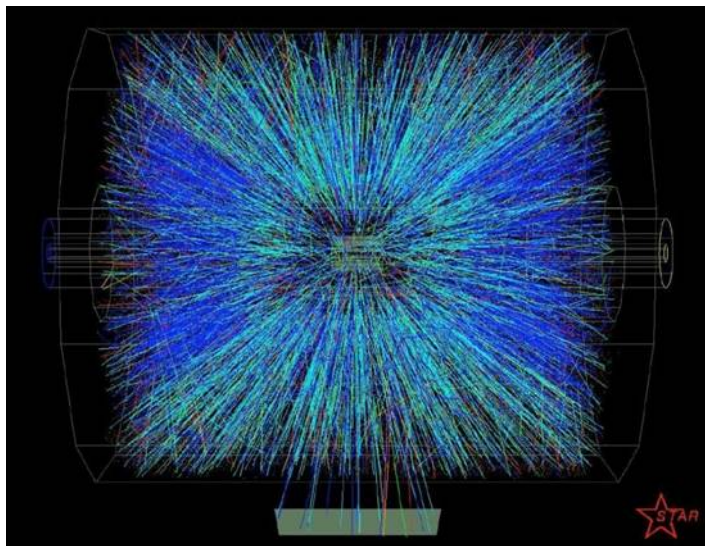
Екстремално гореща и плътна ядрена материя може да се създаде при удари между тежки йони, ускорени до скорости, много близки до скоростта на светлината.

Миниатюрните Големи Взривове

При ударите между ускорени до високи енергии тежки йони, в областта на удара се получава компресиране и загряване на ядрената материя, които могат да са достатъчни за фазов преход към *QGP*. Експериментите по създаването на *QGP* в лабораторни условия започват през 80-те години на миналия век в Европейския център за ядрени изследвания (*CERN*) и в Националната лаборатория на САЩ Брукхайвън (*BNL*).

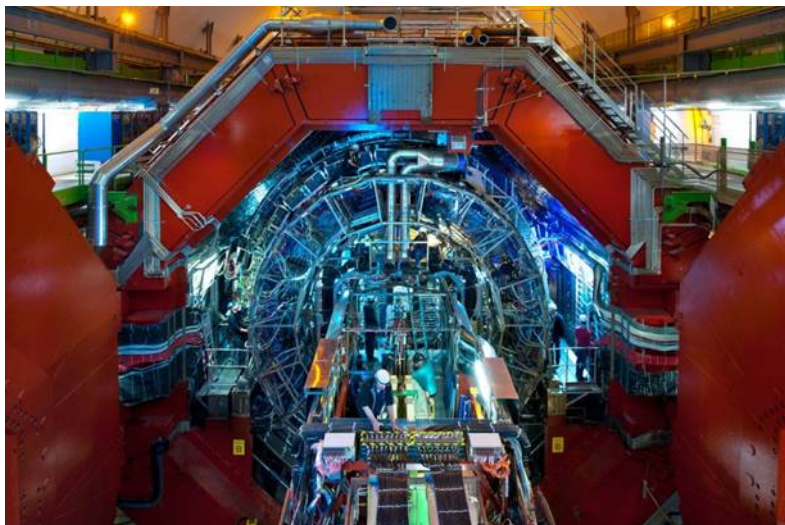
През 2000 г. в рамките на тежкйонната програма на *CERN* се съобщава, че при удари между оловни ядра, ускорени в ускорителя *SPS* (*Super Proton Synchrotron*) до енергия 160 GeV/A (енергия на един нуклон), са получени индикации за създаването на *QGP*. Експериментите се провеждат при облъчването на неподвижна мишена с ускорените тежки йони така, че енергията на взаимодействие в системата на центъра на масите (СЦМ) е „само“ 17 GeV/A. Статистическата достоверност на тези резултати не е достатъчно висока.

За получаването на по-достоверни резултати в *BNL* беше построен специализиран свръхпроводящ тежкйонен колайдър *RHIC* (*Relativistic Heavy Ion Collider*). В него ядра на златото се ускоряват до енергия 100 GeV/A и се сблъскват в 6 точки, в които са разположени детекторите. През 2004 г. Резултатите от експериментите *STAR* и *PHENIX* показват с достатъчна достоверност, че е създадена *QGP*. От тези резултати става ясно, че *QGP* има поведението на течност с много голям вискозитет. При ударите между ултарелативистки тежки йони се получават хиляди вторични частици. За колайдъра *RHIC* е оценено, че при ударите между двете Au ядра се генерират 5500 вторични адрона на удар (Фигура 3).



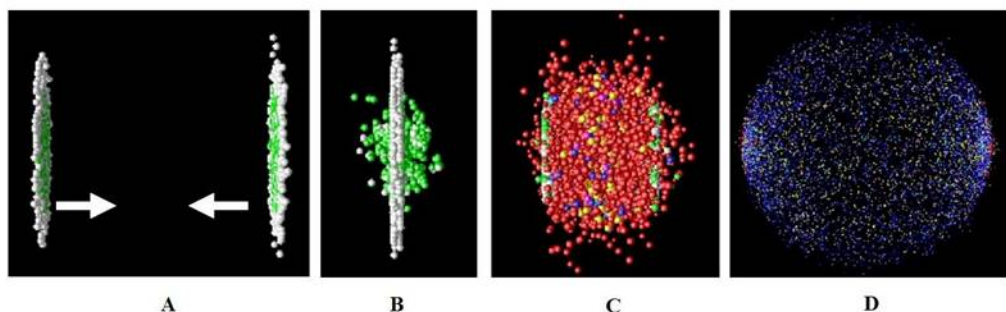
Фигура 3. Удари между Pb ядра в колайдъра RHIC

Експерименти по създаването на *QGP* се провеждат от 2007 г. и на Големия адронен колайдър (*LHC*) в *CERN*. *LHC* позволява да се сблъскват оловни ядра при енергия 5,5 GeV/A в СЦМ. При тази колосална енергия, в областта на ударите между двете ядра, ядрената материя се компресира 20 пъти. В *CERN* е създаден специализиран детектор за изучаване на образуването на *QGP* наречен *ALICE* (*A Large Ion Collider Experiment*) (Фигура 4).



Фигура 4. Детекторът ALICE в CERN

Ударите между тежки йони, ускорени до много висока енергия, протичат в следните етапи (Фигура 5):



Фигура 5. Етапи на удар между ускорени до много висока енергия тежки йони

A. Ядрата, които се движат едно срещу друго със скорости много близки до скоростта на светлината, са силно сплескани по посока на движението поради Лоренцовото свиване на дължината и приличат на „палачинки“.

B. При ударите се образува огнено кълбо от много гореща и плътна адронна материя. Започва преход на деконфайнмънт от адронен газ към *QGP*.

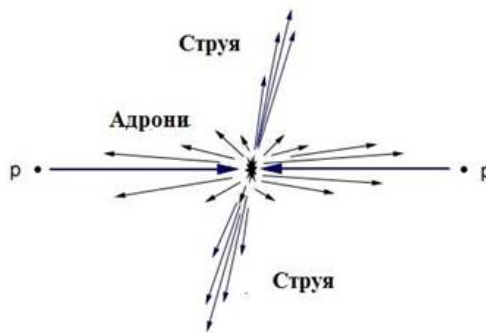
C. За много кратко време, от порядъка на 10^{-23} s, системата е в състояние на *QGP*. Критичната температура, необходима за създаването на *QGP*, е 200 MeV.

D. Започва процес на разширяване и изстиване на така създадената *QGP*. Когато температурата падне под критичната, започва обратен фазов преход от *QGP* към обикновена материя, т.нар. адронизация.

Поради много краткото време на съществуване на фазата на QGP (10^{-23} s) при ударите между тежки йони, доказателствата, че действително системата е преминала през тази фаза, могат да бъдат само косвени.

Едно подобно косвено доказателство е увеличеното присъствие на странни частици във финалното състояние на системата. За образуването на двойка $s-\bar{s}$ кварки при кварк-глюонни взаимодействия е необходима енергия от 300 MeV. Веднъж възникнала, $s-\bar{s}$ двойката с много голяма вероятност се запазва и във финалното състояние. От друга страна, образуването на странни частици в реакции между адрони изисква енергия по-голяма от 500 MeV. Следователно по-вероятно е да се образуват странни частици при кварк-глюонни взаимодействия, отколкото при адронни реакции. Измерва се съдържанието на $K^+ = u\bar{s}$, $K^- = \bar{s}u$ мезони и $\Lambda^0 = uds$, $\Sigma^+ = uus$, $\Sigma^- = dds$, $\Xi^0 = uss$, $\Xi^- = dss$, $\Omega^- = sss$ хиперони. Ясни доказателства за повишено присъствие на странни частици при удари между ускорени до висока енергия йони е наблюдавано от експеримента *ALICE* в *CERN*.

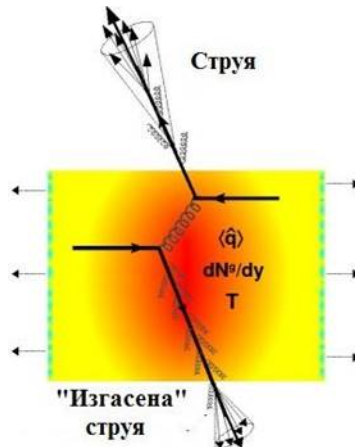
Друго доказателство, че системата е преминала през фаза на QGP , е т. нар. гасене на адронните струи. Адронните струи са открити през 80-те години на миналия век и представляват насочени потоци от адрони, които се образуват при удари между частици с висока енергия. В една адронна струя перпендикулярните към оста компоненти на импулса са малки (< 500 MeV/c), докато надлъжните компоненти на импулса са големи (> 1 GeV/c). Адронните струи възникват по двойки (Фигура 6).



Фигура 6. Адронни струи

Когато струите се разпространяват през QGP , те губят енергия (~ 1 GeV/fm), отслабват или дори напълно се гасят (Фигура 7).

Гасене на адронни струи е наблюдавано при Au-Au удари от експеримента *STAR* в *BNL* и при удари между ускорени до висока енергия Pb йони в експерименти на Големия адронен колайдър в *CERN*.



Фигура 7. „Гасене“ на адронните струи при удари между ускорени до висока енергия тежки йони

Литература

1. И.М. Дремин, А.В. Леонидов. УФН **180** (2010) 1167
2. N. Cabibbo, G. Parisi. Phys. Lett. **B59** (1975) 67
3. J.C. Collins, M.J. Perry. Phys. Rev. Lett. **34** (1975) 1353
4. D.J. Gross, F. Wilczek. Phys. Rev. Lett. **30** (1973) 1343
5. H.D. Politzer. Phys. Rev. Lett. **30** (1973) 1346

WHEN QUARKS WERE FREE

Dinko Dinev

The paper is devoted to the Quark-Gluon Plasma (QGP), a state of matter which existed in the early Universe, few microseconds after the Big Bang. Extremely high compression and/or temperature are necessary for this phase to exist. In laboratory conditions such extreme parameters of the nuclear matter could be realized in high-energy heavy ion collisions.

In the paper some basic notions of the modern theory of the strong interactions, quantum chromodynamics, are given. The experiments for creation of QGP which are under way in the Brookhaven National Laboratory and in the European Center for Nuclear Research are discussed.

ВЪГЛЕРОДНА ЕЛЕКТРОНИКА (I ЧАСТ)

Савчо С. Тинчев

Днес силициевата технология е най-важната технология в електрониката. Очаква се, че тя ще запази своята водеща позиция в продължение на най-малко още 15 години. Само с намаляване на размерите на транзисторите обаче, в съответствие със закона на Мур, по-нататъшното развитие на силициевата технология ще бъде невъзможно. Засега някои неосновни проблеми ограничават по-нататъшното намаляване на размерите на силициевите електронни елементи и те се решават с помощта на напрегнат Si и Ge-Si за постигане на висока подвижност на носителите в канала, с използване на диелектрици с висока диелектрична проникваемост и гейтове със сложни конфигурации [1-2]. Има обаче фундаментални проблеми, произтичащи от квантови ефекти, най-вече вследствие на тунелния ефект между сорса и дрейна на полевите транзистори при канал с дължина по-малка от 10 nm. Ето защо са необходими нови принципи на работа и нови материали [3].

Електрониката на основата на въглерода се счита за една от най-обещаващите възможности за наследник на силициевата технология в бъдеще. Добри примери са въглеродните нанотръбички (CNT) и графенът, които получиха забележителен напредък през последните години [4-5]. И двата материала притежават много добри електрически свойства, особено висока подвижност на носителите, което ги прави много перспективни в бъдеще.

Въглеродът е повече от CNT и графен. Този материал притежава толкова разностранни свойства, че е разбираемо защо цялата жива природа се основава на въглерода. Неговите електрични свойства, които са най-важните за електрониката, варират в най-широки граници: от тези на диаманта – изолатор с 5,5 eV забранена зона и много голямо електрично съпротивление – до графита с неговата висока проводимост. Тук трябва да се добави също диамантоподобния въглерод – метастабилна форма на аморфен въглерод, и разбира се, полимерите, използвани вече масово в евтината органична (пластмасова) електроника.

Като цяло, материалите на въглеродна основа имат различаващи се и допълващи се електронни свойства, които могат да се комбинират, за да се създават нови електронни устройства. Въпреки това, този голям потенциал на въглерода не е напълно изследван и използван днес. Така например в създадените полеве транзистори с канал от CNT или графен се използват обикновено метални електроди като сорс и дрейн. Затова техните свойства много

често не се определят от полевия ефект на канала, а от Шотки контактите между въглеродния канал и метала на сорса и дрейна [6-7].

В настоящия обзор са обобщени някои от най-интересните работи в областта на електрониката на въглеродна основа. В него са включени най-важните за електрониката въглеродни материали понастоящем – диамантоподобен въглерод, въглеродни нанотръбички и графен. Тук не са включени някои тривиални приложения като графит за електрически контакти и диамант (за подложки и полевы транзистори, сензори и детектори на частици) и полимери, а също така и новият и много перспективен бъдещ клон на електрониката – органична електроника.

1. Диамантоподобен въглерод

Диамантоподобен въглерод (*DLC*) е наименование, което се използва за различни аморфни въглеродни материали, някои съдържащи до 50 ат.% водород ($a\text{-C:H}$), други – по-малко от 1% водород (тетраедричен въглерод $ta\text{-C}$, нехидрогениран въглерод). Понякога терминът *DLC* се използва само за означаване на хидрогенираната форма на диамантоподобен въглерод ($a\text{-C:H}$), като тук ще се използва и за двата типа материали. *DLC* филмите могат лесно да бъдат модифицирани чрез включване на различни елементи като N, F, Si или метали, с цел да се променят техните свойства.

DLC е полупроводник с голяма механична твърдост, химически инертен и прозрачен във видимия и инфрачервения диапазон. *DLC* не е само един материал, а широк клас от материали, чиито свойства могат да варират в широки граници, в зависимост от условията, при които е изготвен. Например електричната проводимост на *DLC* може да варира с над 10 порядъка при различни технологични параметри. *DLC* се използва най-масово в електрониката като защитно и антикорозионно покритие на магнитни глави и магнитни носители в магнитните запомнящи устройства (твърди дискове). Високата прозрачност в инфрачервения диапазон и добрите механични свойства намират приложение като антирефлексни и защитни покрития в инфрачервената оптика. Като ново перспективно приложение на *DLC* се очертава използването му за създаване на въглеродни резистивни памети, а и като материал съвместим с графена, в полевы транзистори на основа на графен. Слоевете имат широко приложение за оптични прозорци и за микро-електромеханични устройства (*micro-electromechanical devices* – *MEMS*). В този преглед са обобщени само приложенията в електрониката.

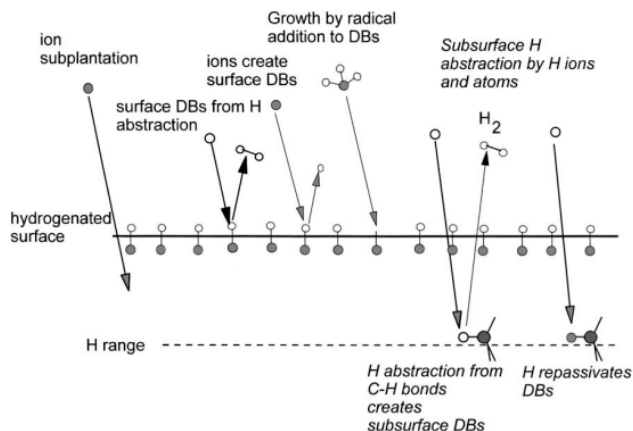
1.1. Методи и механизъм на отлагане

DLC слоевете могат да се отлагат по много различни методи. Общата характеристика на тези методи е, че в процеса на отлагане на *DLC* слоя участват въглеродни или въглеводородни йони с енергия ~ 100 eV. Влиянието на

тези йони върху нарастващия слой е причина за sp^3 свързването, което е ключово свойство на *DLC*.

Предложени са различни теории за обяснение как протича този процес [8]. Най-популярен е субплантационният модел на Робъртсън [9]. Съгласно този модел, ако нискоенергетичен въглероден йон достигне аморфна въглеродна повърхност, йонът няма да има достатъчно енергия, за да проникне през повърхността и просто ще се прилепи към нея, оставяйки в най-ниското си енергетично състояние, което е sp^2 .

Ако енергията на йона е по-висока, той прониква през повърхността, навлиза в подповърхностното пространство и остава в междувъзлие. Това увеличава локалната плътност и в локалното свързване ще има повече sp^3 . При отлагането на а-С:Н се включват и много други процеси. Обаче главното действие на въглеродните и въглеродородните йони остава чрез субплантация. Един пълен модел на растежа на а-С:Н включва също химически процеси и дехидрогениране (Фигура 1).



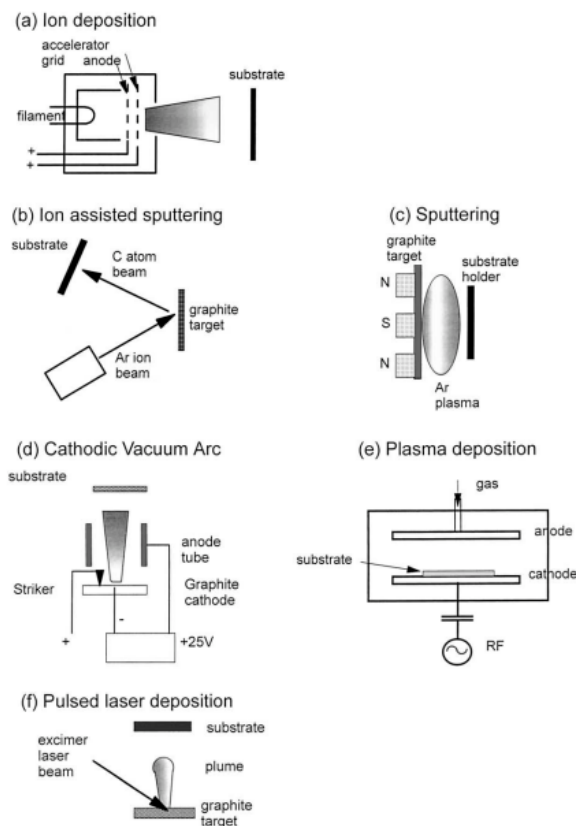
Фигура 1. Процеси в механизма на растеж на а-С: Н.

Различни системи за отлагане на *DLC* са показани на Фигура 2. Основната характеристика на всички тези процеси е, че слоевете израстват под йонна бомбардировка.

Въглеродните йони се получават чрез плазмено разпръскване на графитов катод или в източник на Кауфман. Въглеродородните йони се формират чрез плазмена йонизация на въглеродороден газ като метан, бензен и т.н. Въглеродните или въглеродородните йони след това се ускоряват в електрично поле до енергии 100 – 1000 eV.

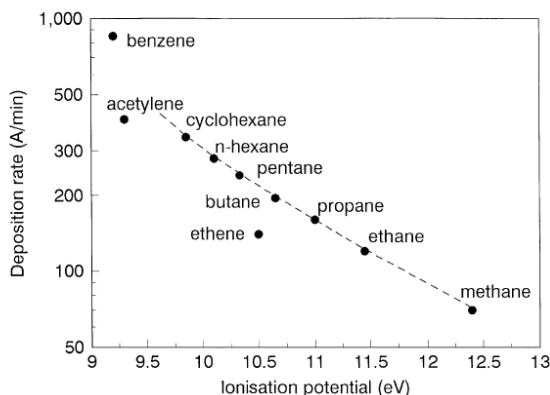
Разпръскването е най-разпространеният промишлен метод за отлагане на нехидрогенирани *DLC* слоеве. Често се използва магнетронно разпръскване поради ниския коефициент на разпръскване на графита. Друг промишлен метод е катодната дъга. При този метод се запалва дъга между графитен катод и

малък въглероден електрод. При импулсно лазерно отлагане се използват импулсни ексимерни лазери като ArF за изпаряване на материала на мишената под формата на интензивна плазма. Плазмата се разпростира към подложката, където кондензира, образувайки DLC слой.



Фигура 2. Системи за отлагане на DLC

Най-често използваният лабораторен метод за получаване на a-C:H е плазмено подпомогнато химическо отлагане от газова фаза (*plasma assisted chemical vapor deposition – PECVD*). Използва се *DC*, *RF* или импулсна плазма. В често използваната проста капацитивно свързана *PECVD* система не е възможно да има независимо управление на йонния ток и йонната енергия, тъй като и двете варират с *RF*-мощността. При 13,56 MHz *RF* честота плътността на плазмата е доста ниска. Ето защо често се използва микровълнова честота 2,45 GHz. Използваният в *PECVD* газ има значителен ефект върху свойствата на a-C:H (Фигура 2). Може да се използва всеки въглеводород като бензен, ацетилен и др. Метанът е най-популярен за електронни приложения, защото се предлага с висока чистота. Скоростта на отлагане на слоеве от метан обаче е много ниска (Фигура 3).



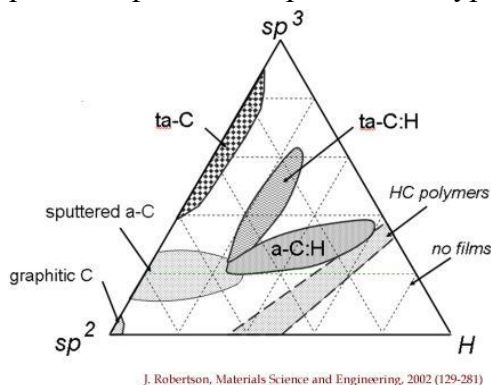
Фигура 3. Скорост на растеж на α -C:H чрез PECVD при използване на различни работни газове

1.2. Свойства на DLC слоевете.

Тъй като *DLC* представлява широк клас материали, свойствата им могат да варират значително в зависимост от условията на отлагане.

1.2.1. Структура

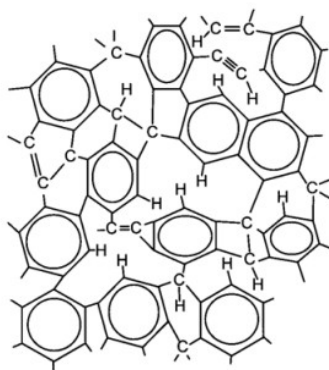
Диамантоподобните въглеродни слоеве са аморфни материали, в които въглеродните атоми са свързани предимно в sp^3 - и sp^2 -хибридизация. Така напр. α -C (разпрашен въглерод) и ta -C (тетраедричен аморфен въглерод) са форми на нехидрогенирани въглеродни слоеве. Разпрашеният α -C има повече sp^2 - свързани въглеродни атоми в сравнение с ta -C. Тетраедричният аморфен въглерод (ta -C) може да съдържа до 85% sp^3 - свързани въглеродни атоми, както е показано на тройната фазова диаграма на Фигура 4.



J. Robertson, Materials Science and Engineering, 2002 (129-281)

Фигура 4. Съдържание на sp^2 и sp^3 връзки в различни въглеродни форми

DLC структурата може да се определи като тримерна мрежа главно от шестчленни пръстени, като може да съдържа 20 – 60 ат. % свързан водород (Фигура 5).

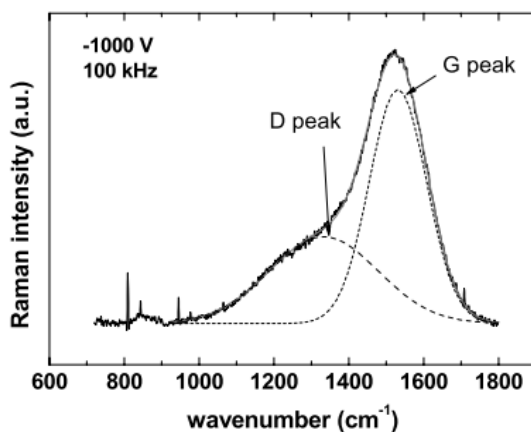


Фигура 5. Клъстерен модел на $a\text{-C:H}$

1.2.2. Характеризиране

Характеризирането на структурата на диамантоподобните слоеве се усложнява от аморфния им характер. Най-добрите методи за характеризиране са ядрено-магнитната резонансна спектроскопия (*Nuclear Magnetic Resonant spectroscopy* – *NMR*), инфрачервената Фурие спектроскопия (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* – *FTIR*), спектроскопията на електронните енергийни загуби (*Electron Energy Loss Spectroscopy* – *EELS*) и Рамановата спектроскопия (*Raman spectroscopy*).

Рамановите спектри на DLC слоевете във видимата област показват характерните G- и D- Раманови пикове. G-пикът, който се намира в диапазона $1500\text{--}1630\text{ cm}^{-1}$, съответства на перфектния графитов кристал, а D-пикът при 1350 cm^{-1} се дължи на безпорядък и не се наблюдава в перфектен графит. Фигура 6 показва пример на Раманов спектър и апроксимация с две гаусиани.



Фигура 6. Пример за апроксимация на D- и G-пикове в типичен Раманов спектър на $a\text{-C:H}$.

1.2.3. Електрични свойства

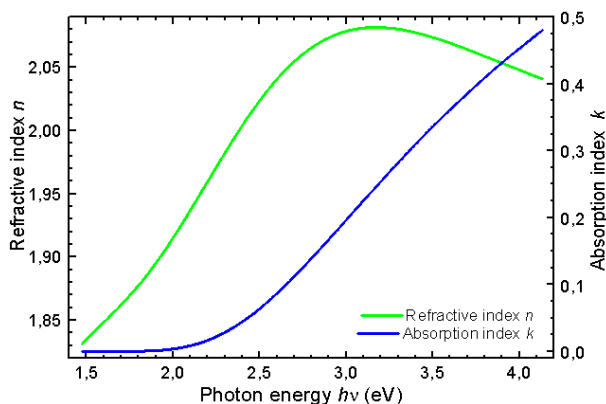
Физичните свойства на *DLC* слоевете зависят от метода на получаване и от условията на отлагане. Електричното им съпротивление, което е най-важният параметър за електронни приложения, може да варира в широк интервал: $10^2 - 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$, от ниско съпротивление в меките графитоподобни слоеве до много високо съпротивление при твърдите диамантоподобни слоеве.

Установено е също така, че чрез вариране на условията на отлагане е възможно да се получат *DLC* слоеве с диелектрична константа k в интервала $2,7 - 3,8$, в сравнение с $k = 3,9$ на сега използвания SiO_2 диелектрик. Това позволява на *DLC* материалите да се използват като диелектрици с ниска диелектрична константа (*low-k dielectrics*).

1.2.4. Оптични свойства

Най-важните свойства на *DLC* филмите за оптични приложения е пропускането им в инфрачервения и видимия диапазон. Обикновено *DLC* слоевете са прозрачни в инфрачервената област, слабо абсорбиращи във видимия спектър и с нарастващо поглъщане при намаляване на дължината на вълната в *UV* диапазона.

Оптичните константи (показателите на пречупване n и абсорбция k) са много важни параметри на *DLC* слоевете не само за оптични приложения. Фигура 7 показва типична зависимост на показателите на пречупване n и на поглъщане k от дължината на вълната. Показано е емпирично [10], че показателят на пречупване е надежден показател за качеството на слоя, свързано с механични характеристики като твърдост, устойчивост на надраскване и износостойчивост. Тъй като качеството на слоя е директно свързано с показателя на пречупване, то той може да се използва като единствен параметър, който трябва да се контролира при оптимизиране на отлагането на слоя.



Фигура 7. Показател на пречупване и абсорбция на *DLC* слоеве

1.3. Електронни приложения на *DLC*

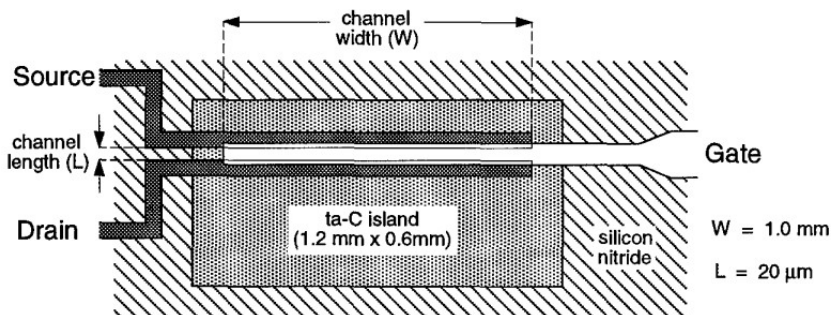
1.3.1. Полева емисия

Емисията на електрони от повърхността на диамантоподобни въглеродни слоеве е от интерес поради потенциалните приложения в устройства със студен катод. Установено е, че включването на азот в *DLC* слоя води до известно подобрене на емисията [11].

1.3.2. *DLC* материали като диелектрици с ниска диелектрична константа (*low-k dielectrics*)

В последно време интересът бе насочен към контрол на диелектричната константа (k) на *DLC* слоевете. Установено е, че чрез подходящ подбор на условията на отлагане е възможно да се получат *DLC* слоеве с диелектрична константа в диапазона 2,7 – 3,8 (в сравнение с $k = 3,9$ на SiO_2). За подобряване на характеристиките на високоскоростната електроника са необходими материали с ниска k . При намаляване на размерите на компонентите разстоянията между транзисторите намаляват, изолиращите диелектрици стават все по-тънки и възникващите взаимодействия влияят на работата на прибора. Замяната на SiO_2 с диелектрик с ниска k при същата дебелина намалява паразитните капацитети, позволявайки по-големи скорости на превключване и по-малко отделяне на топлина.

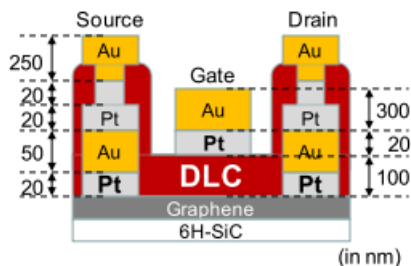
1.3.3. Полеви транзистори



Фигура 8. Вид на копланарна ta-C TFT структура

Понастоящем пазарът на плоски дисплеи е доминиран от дисплеи с активна матрица от течни кристали (*LCD*), за които предпочитаните *TFT* (*Thin Film Transistor*) превключващи елементи се произвеждат от хидрогениран аморфен силиций (a-Si:H) или от поликристален силиций (*poly-Si*). Температурите, необходими за производството на тези материали, ги правят несъвместими с използването на пластмасови подложки с ниска цена. Едно решение е да се използва *DLC* като алтернативен материал за активния слой в *LCD* пикселите. Фигура 8 показва разположението на копланарна ta-C *TFT* структура [12].

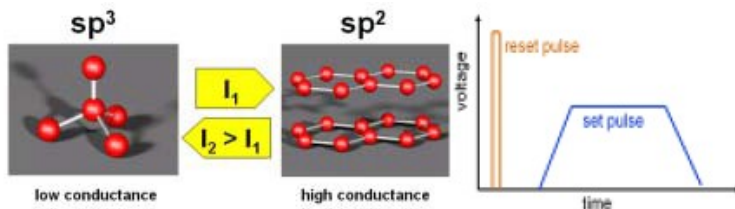
Измерената подвижност на носителите в този транзистор обаче е твърде ниска за практически приложения. В последно време *DLC* се използва като гейтов диелектрик в графенов транзистор [13]. Използва се *DLC* поради подобие в химическите свойства на графен и *DLC*. Фигура 9 показва напречното сечение на графенов полеви транзистор с гейт от *DLC* диелектрик. От резултатите за характеристиките на транзистор беше направено заключение, че *DLC* е обещаващ материал за гейтов диелектрик при графеновите полеви транзистори.



Фигура 9. Схема на транзистор DLC гейт

1.3.4. Резистивни памети на базата на въглерод (*Carbon-Based Resistive Memory*)

Принципът на работа на резистивните памети се базира на това, че елемент на базата на въглерод може да се превключва от нископроводящо във високопроводящо състояние и обратно чрез прилагане на подходящи токови импулси (Фигура 10) [14]. Изолиращ въглерод може да се превключва в проводящ въглерод, богат на sp^2 връзки, чрез предизвикване на електричен пробив. Проводимият въглерод може да се превключи в богат на sp^3 - връзки въглерод чрез прилагане на кратък токов импулс с достатъчна плътност на тока.

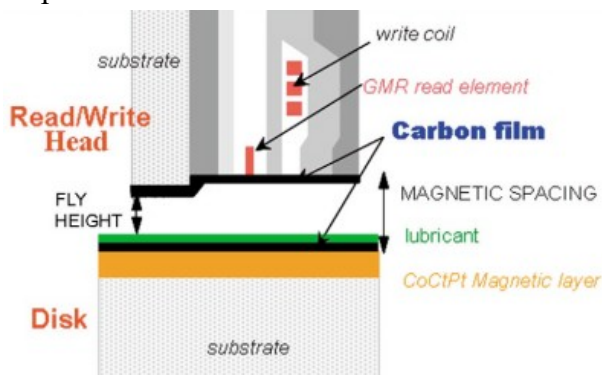


Фигура 10. Принцип на работа на резистивни памети на базата на въглерод

1.3.5. Защита на магнитни носители от износване и корозия

Най-широко разпространената употреба на *DLC* слоеве е защита на магнитните носители от износване и корозия. За такива покрития, както за магнитните дискове, така и за магнитните глави, са необходими гладки и много тънки слоеве. Плътността на паметите на магнитните твърди дискове може да се увеличи, като се намали разстоянието между главите и дисковете (Фигура 11). Диамантоподобният въглерод се използва понастоящем като защит-

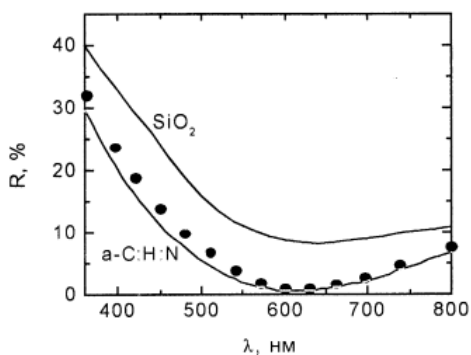
но покритие върху дискове, глави и плъзгачи, използвани в технологията за съхранение на магнитни дискове. *DLC* слоеве се използват като покрития, тъй като те са изключително гладки, непрекъснати и химически инертни, с грапавост на повърхността под 1 nm. *DLC* няма конкуренти като покривен материал за това приложение.



Фигура 11. Архитектура на твърд диск

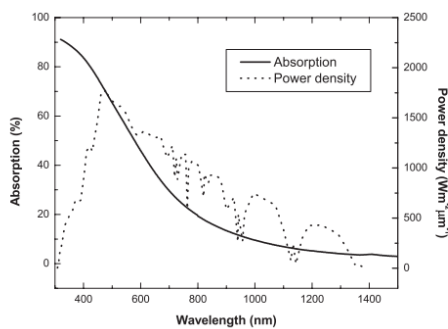
Въглеродни слоеве с дебелина около 5 nm, използвани понастоящем, обикновено се нанасят чрез разпръскване. Използвайки *PECVD*, слойт a-C:H може да се отлага с дебелина до 2 nm, грапавост до 0.2 nm и със значително увеличена твърдост – до 22 GPa [15-16].

1.4. Оптични приложения на диамантоподобни въглеродни покрития



Фигура 12. Спектри на отражение на Si, покрит с различни антирефлексни покрития

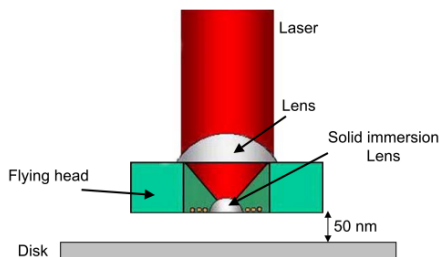
- *DLC* антирефлексни покрития за ИЧ и видимия диапазон [17].
- *DLC* покрития за защита на IR прозорчета и повърхността на алуминиеви огледала.
- Използване на *DLC* покрития за фототермично преобразуване на слънчевата енергия.



Фигура 13. Сравнение на слънчевия спектър и абсорбцията на многослойна а-С:Н структура

Разработен е и е тестван абсорбиращ слой за слънчеви клетки, съставен от пет слоя а-С:Н с различна ширина на забранената зона [18]. Абсорберът използва а-С:Н слоеве с настройваема оптична зона, произведени чрез вариране само на напрежението в *DC PECVD* системата.

- *DLC* като защитно покритие за оптични памети (Фигура 14) [19].

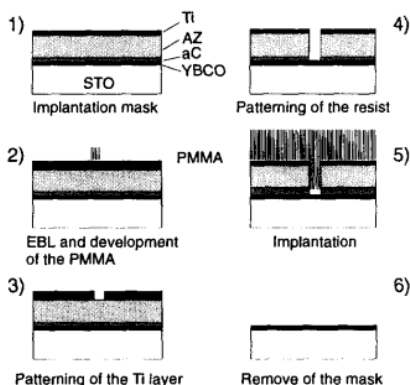


Фигура 14. Схема на оптична памет с висока плътност от следващо поколение с твърдотелен имерсионен обектив

1.5. Приложение на *DLC* слоеве като маски за производство на интегрални схеми

Благодарение на атрактивните си свойства като много висока твърдост, високо електрично съпротивление, висока топлопроводимост и химична инертност, *DLC* слоевете могат да се използват като материал за резисти във фотолитографията и маски в процесите на микроелектронното производство. Предимствата на *DLC* слоевете позволяват изцяло сух процес, тъй като не са необходими течни разтвори за отлагането и ецването им.

На Фигура 15 е показан пример на суб-100 nm литография и маски за производство на *YBCO* Джозефсонови прибори чрез йонна имплантация [20].



Фигура 15. Производствен процес на йонно-имплантирани Джозефсонови прибори

1.6. Други (неелектронни) приложения на *DLC* слоевете

Много от важните механични и медицински приложения на *DLC* слоевете няма да бъдат разгледани тук. Трябва обаче да бъдат поне споменати следните приложения:

- Биомедицински приложения на покрития от диаманто-подобен въглерод (*DLC*).

Освен отличните механични свойства и химическата инертност *DLC* покритията са също и биосъвместими [21]. Те намират приложение за ортопедични цели, както и сърдечно-съдови приложения (например покритие на интракоронарни стентове с *DLC*).

- *DLC* в микро-електро-механични системи (*MEMS*).
- Използване на свойствата на диамантоподобен въглерод като газова бариера за покриване на *PET* бутилки.
- За трибологични инструменти, части на двигатели, бръснарски ножове и слънчеви очила.

Литература

1. International technology roadmap for semiconductors, 2007 edition, <http://www.itrs.net/home.html>.
2. L. Risch, The end of the CMOS roadmap—new landscape beyond, *Materials Science and Engineering: C* **19**, 363-368 (2002).
3. K. Likharev, Electronics Below 10 nm, *Nano and Giga Challenges in Micro-electronics*, 27-68 (2003).
4. Hongjie Dai, Carbon nanotubes: opportunities and challenges, *Surface Science* **500**, 218–241 (2002).
5. A.K. Geim, A.H. MacDonalds, Graphene: Exploring flatland, *Physics Today*, August 2007, 35-40.

6. X. Wang, et al., Room-Temperature All-Semiconducting Sub-10-nm Graphene Nanoribbon Field-Effect Transistors, *Phys. Rev. Lett* **100**, 206803 (2008).
7. J.-C. Boudenot, New concepts for nanophotonics and nano-electronics, From transistor to nanotube, *C. R. Physique*, **9**, 41–52 (2008).
8. A. Grill, Plasma-deposited diamondlike carbon and related materials, *IBM J. Research and Development* **43**, 147 (1999).
9. J. Robertson, Diamond-like amorphous carbon, *Mater. Sci. Eng. Rep. R* **37**, 129 (2002).
10. K. Donnelly, et al., *Diamond and Related Materials* **5**, 445 (1996).
11. S. Kundoo, P. Saha, K.K. Chattopadhyay, Electron field emission from nitrogen and sulfur-doped diamond-like carbon films deposited by simple electrochemical route, *Materials Letters* **58**, 3920–3924 (2004).
12. F.J. Clough, et al., Tetrahedrally bonded amorphous carbon (ta-C) thin film transistors, *Electronics Letters* **32**, 498-499 (1996).
13. S. Takabayashi, et al., Carbonaceous field effect transistor with graphene and diamondlike carbon, *Diamond & Related Materials* **22**, 118–123 (2012).
14. F. Kreupl et al., Carbon-Based Resistive Memory, presented at IEDM 2008.
15. M.K. Fung, et al., Diamond-like carbon coatings applied to hard disks, *Diamond and Related Materials* **9**, 815-818 (2000).
16. J. Robertson, Requirements of ultrathin carbon coatings for magnetic storage technology, *Tribology International* **36**, 405–415 (2003).
17. N.I. Klyui, et al., Silicon solar cells with antireflection diamond-like carbon and silicon carbide films, *Solar Energy Materials & Solar Cells* **72**, 597–603 (2002).
18. S. S. Tinchev, et al., a-C:H absorber layer for solar cells matched to solar spectrum, *Solar Energy Materials & Solar Cells* **86**, 421–426 (2005).
19. F. Piazza, et al., Protective diamond-like carbon coatings for future optical storage disks, *Diamond & Related Materials* **14**, 994–999 (2005).
20. J. Hollkott, et al., Sub-100 nm lithography and high aspect-ratio masks for fabrication of Josephson devices by ion implantation, *Microelectronic Engineering* **41/42**, 403-405 (1998).
21. G. Dearnaley, J. H. Arps, Biomedical applications of diamond-like carbon (DLC) coatings: A review, *Surface & Coatings Technology* **200**, 2518 – 2524 (2005).

CARBON-BASED ELECTRONICS

S. S. Tinchev

Carbon-based electronics is considered as one of the most promising options to replace silicon technology in the future. Good examples are carbon nanotubes (CNT) and graphene, which have received remarkable progress recently. Both materials possess interesting electrical properties, especially high carrier mobility and promise a bright future in field-effect devices. The goal of this review is to outline some recent developments in the field of carbon-based electronics. The review outlines the most important applications of carbon materials in electronics: diamond-like carbon, carbon nanotubes and graphene. The present part of the review is focused on the diamond-like carbon films, preparatory techniques, electrical and optical properties, various applications and future perspectives for the electronics.

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

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
IBAN: BG91FINV91501215737609
BIC: FINVBGSF
ПЪРВА ИНВЕСТИЦИОННА БАНКА

АКАДЕМИК АЛЕКСАНДЪР Г. ПЕТРОВ С ОРДЕН „СВ. СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЙ“

На състоялата се на 10 май 2018 г. тържествена церемония в Гербовата зала на бул. „Дондуков“ 2 Президентът Румен Радев удостои акад. Александър Петров с орден „Св. св. Кирил и Методий“ – огърлие за заслуги в областта на образованието и природните науки. Високото държавно отличие е признание за научните постижения на академик Петров в областта на бионанотехнологиите, мембранната биофизика и физиката на живата материя, за неговата преподавателска и организационна дейност.



Снимка: Президентство, Прессекретариат

Академик Александър Г. Петров създава Обобщения модел на молекулна асиметрия, който е приложим както за термотропни, така и за лиотропни течни кристали и Учението за биофлексоелектричеството в биофизиката на мембраните. Той открива експериментално и обяснява с теоретични модели шест принципно нови ефекта в областта на физиката на течните кристали и биофизиката на мембраните. Откритите от него ефекти се прилагат успешно в оптоелектрониката, нанобиотехнологиите и мембранната биофизика.

Има шест авторски свидетелства за течнокристална индикация и два патента. Автор на над 200 рецензирани оригинални и обзорни статии, на монографиите „Лиотропното състояние на веществото“, изд. „Гордон и Брийч“, Англия, и „Физика на живата материя“, АИ „Марин Дринов“, София.

От 1998 до 2015 г. академик Петров е директор на Института по физика на твърдото тяло БАН. Повече от 10 години чете спецкурсове по течни кристали и биоелектроника на студенти от магистърските програми на Физическия и Химическия факултети на Софийския университет и е ръководител на шест успешно защитили докторанта. Бил е гостуващ учен в редица престижни университети в Европа, Америка и Азия: Техническият университет в Мюнхен, Университета Париж–Юг в Орсе, университетите в Лайпциг, Калабрия, Нотингам и Сиракуза, Института по течни кристали в Кент – щата Охайо в САЩ, Научния център за изследване на течни кристали Бангалор, Индия и др. Като експерт на НАТО е бил на посещение в Университета в Бъфало, САЩ.

От 2009 до 2011 г. академик А.Г. Петров е председател на Проблемния съвет по нови материали, нанотехнологии и съвременни физически технологии, председател е на Консултативния научен съвет по нанонауки, нови материали и технологии (2011) към Управителния съвет на БАН, председател на Отделението за природо-математически науки при САЧК на Академията (2009 – 2017). Председател е на Съюза на физиците в България от 2010 г. и на Балканския физически съюз от 2015 г.

Академик Александър Петров е носител на медала „Фредерикс“ от Руското течнокристално общество (2004) за изтъкнати работи в областта на физиката на течните кристали, на Наградата за особен принос в науката на Министерството на образованието и науката (Учен на годината 2007) и на Почетния знак на Българската академия на науките „Марин Дринов“ на лента (2008).

Редакцията на „Светът на физиката“ честити наградата на нашия председател. Пожелаваме му здраве, нови творчески успехи и успешна работа за запазване и утвърждаване авторитета на българската физика и на Съюза на физиците в България!

НАГРАДА НА ЕВРОПЕЙСКОТО ФИЗИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО НА ИМЕТО НА ЕМИ НЬОТЕР ЗА ЖЕНИ ВЪВ ФИЗИКАТА, ЗИМА 2017

Подбор и превод: Сашка Александрова

Европейското физическо дружество създава през 2013 г. отличието „Еми Ньотер“ за жени във физиката с цел привличане на по-широко внимание на научната общност, политиците и широката общественост към жени-физици, свързани с Европа чрез своята националност или научна активност, и показва модели на подражание, които да помогнат за привличането на жени към кариера във физиката. Наградата се присъжда два пъти годишно за съществен принос в междудисциплинарни области, обединяващи физика, химия и биология, за водеща роля в европейски и международни научноизследователски проекти и за отлична менторска дейност.

През март 2018 г. беше обявено, че наградата „Еми Ньотер“ зима 2017 получава д-р Франсоаз Ремакл (*Françoise Remacle*) от Университета в Фиеж, Белгия.



Франсоаз Ремакл

Франсоаз Ремакл провежда изследвания на много високо ниво върху фундаменталните нискоразмерни системи, предимно молекулярни системи и клъстери, но и системи, при които плътният набор от електронни нива е от ключово значение. Подлагайки такива системи на слаби и силни въздействия, тя показва за пръв път интересно и необичайно квантово-механично поведение. Като ръководител на няколко съвместни проекта, включващи както експериментални, така и теоретични изследвания, тя е направила значителен принос за бъдещи квантови технологии. Франсоаз също е известна с работата си, използвайки кратки високоенергетични атосекундни импулси за напompване и сондиране на молекулни системи по времева скала, сравнима с тази на движението на електроните. В последно време тя започва да работи в системната биология, използвайки анализ на „изненадата“ (*surprisal analysis*) – термодинамично обоснован информационен теоретичен подход за анализиране и уплътняване на високопроизводителни геномни и протеомни данни за нови биофизични изследвания.

Представяме кратко интервю на Франсоаз Ремакл [FR] взето от Лучия ди Чиацио (*Lucia Di Ciaccio*) [LDC], председател на Комитета *Равни възможности* на EPS, през пролетта на 2018 г.

LDC: *На какъв етап от вашето образование се ориентирахте към кариера във физиката?*

FR: *Реших да се занимавам с физикохимия в последните години на гимназията. По време на моето следване по специалност химия много се интересувах от теоретичната химия и направих докторска степен по квантово-молекулна динамика.*

LDC: *По време на вашето кариерно развитие чувствахте ли, че има равни възможности за момчета и момичета?*

FR: *Да, винаги съм имала равни възможности в моята научна кариера и това със сигурност е благодарение на борбата на жените от предишни поколения и на образователната система в Белгия, като се започне още от началното училище.*

LDC: *Смятате ли, че физиката трябва да дискриминира, но в „положителен смисъл“, т.е. в полза на жените?*

FR: *Въпреки че действията за „положителна дискриминация“ за жените със сигурност помагат за получаване на по-добра статистика, тя не трябва да бъде единственият вид инициатива за увеличаване на броя на жените във физиката. Лошата страна е, че това може да породви съмнения относно високите постижения на жените, които се приемат по такъв начин. Така че мисля, че положителната дискриминация трябва да се използва внимателно. Мисля, че действията, насочени към насърчаване на жените в науката като цяло, и по-специално във физиката, трябва да бъдат предприети на равнището на образователната система и дори още по-важно, по време на ранното развитие. Както казах по-горе, бях привилегирована в смисъл, че никой не е повдигал въпроса през цялото ми обучение, че няма равни възможности за момичета и момчета. Съзнавам, че това със сигурност не е така навсякъде. Друго съображение, което мисля, че може да помогне, е от социална гледна точка. От решаващо значение за майките-учени, всъщност за родителите като цяло, е, да има добра дневна грижа за малките деца и добри занимания за по-големи деца след училище, които да са на разположение на разумна цена.*

LDC: *Какъв съвет бихте дали на млади жени, които започват кариера във физиката?*

FR: *Не мисля, че има някакъв съвет, който да се даде по-специално на младите жени да започнат кариера във физиката. Моят съвет е „имайте куража да работите по тема, която наистина харесвате“ и това важи в еднаква степен за младите жени-физици и мъже-физици.*

Литература

Lucia Di Ciaccio & Françoise Remacle. Published on 26 March 2018 in: Awards, March 2018, News, Awards, distinction, Emmy Noether, EPS Emmy Noether Distinction, EPS EOC, Equal Opportunities, Women in Physics, https://www.eps.org/page/distinction_prize_en?

<http://www.epsnews.eu/2018/03/eps-emmy-noether-distinction-winter-2017-for-women-in-physics/>



Еми Ньотер

Amalie Emmy Noether, както е пълното ѝ име, е немска математичка от началото на XX-ти век, известна със своите съществени приноси за абстрактната алгебра и теоретичната физика. Алберт Айнщайн я нарича „най-значимата“ и „творческа“ жена-математик на всички времена. Тя се ползва с огромното уважение на колегите си – съвременници, сред които Жан Дидоне (*Jean Dieudonné*), Херман Вайл (*Hermann Weyl*) и Норберт Винер (*Norbert Wiener*). Еми Ньотер дефинира теорема, която обединява с двата концептуални стълба на физиката: симетрията в природата и универсалните закони за запазване. Някои смятат **Теоремата на Ньотер**, както се нарича сега, за толкова важна, колкото и теорията за относителността на Айнщайн.

Повече за живота на Еми Ньотер, за творческия ѝ път в науката, нейните приноси към теоретичната физика, съвместната ѝ работа с велики умове на XX-ти век, и все още неизвестна не само за широката публика, но и сред колеги и студенти, четете в някой от следващите броеве на „Светът на физиката“.

ЧЕРНИ ДУПКИ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПРОВЕРКА НА ОБЩАТА ТЕОРИЯ НА ОТНОСИТЕЛНОСТТА

Иван Стефанов

*Публична лекция,
изнесена на 07 юни 2016 г. във връзка с избирането му за доцент
към Департамент по приложна физика на ТУ – София*

Първо, няколко думи за темата и за това как съм я избрал. Първоначално си поставих доста обширна тема. Реших да разкажа изобщо за експерименталната проверка на Общата теория на относителността (ОТО), защото темата е малко позната. Като започнах да се подготвям обаче открих, че темата е необхватна. Даже повечето обзори, които погледнах, казваха: „Темата е твърде обширна. Ние ще разкажем само за няколко явления и дори такива големи теми като космологията няма да ги споменаваме“. Затова аз се съсредоточих върху черните дупки. По каква причина? Първо, защото моите научни интереси са от областта на изследване на черните дупки и се чувствам по-комфортно в нея. От друга страна, черните дупки представляват всъщност най-екстремните предсказания на ОТО, които са все още непотвърдени и по тази причина са една активно развиваща се и представляваща голям интерес област.

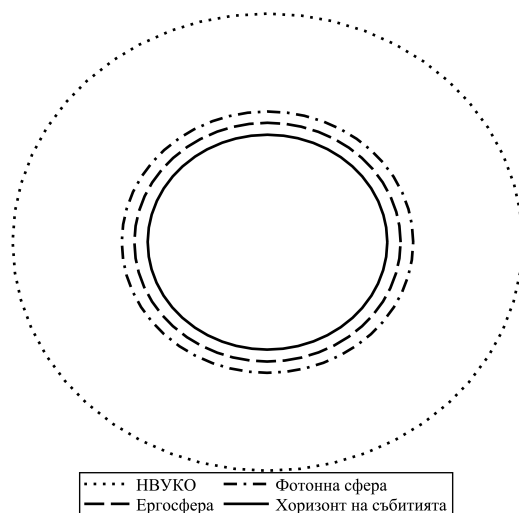
Ето и накратко планът на моята лекция. Ще започна с някои основни понятия от ОТО. Тя, разбира се, е сложна математическа теория. Целта ми не е да я представя, а да дам няколко примера, с какво тя се отличава от Нютоновата теория на гравитацията. ОТО има някои много неинтуитивни, необичайни и непотвърдени предсказания. Те са свързани с няколко характерни структури на пространство-времето. Тях ще ги представя накратко. Ако си поставим за цел да ги изучим експериментално, да проверим дали тези структури съществуват в пространството, трябва да се запитаме, къде да ги търсим във Вселената. Затова ще представя няколко вида астрофизични черни дупки – различни реални обекти, които считаме, че са черни дупки. Черните дупки не могат да бъдат изучавани непосредствено, но можем да изучаваме няколко наблюдаеми явления, които са достъпни дори за съвременната апаратура, в които тези характерни структури, за които споменах, играят ключова роля. Чрез тези явления, които ще представя в четвърта точка, изучаваме черните дупки. И накрая – няколко кратки коментара.

1. Обща теория на относителността

В Нютоновата теория на гравитацията за описание на гравитационното взаимодействие се използват сили и потенциали. В ОТО сили и потенциали

не се използват. Разбира се, тя може да бъде преведена на езика на Нютоновата теория, да се използват отново сили и потенциали. Това се нарича квази-Нютонов подход, но той не винаги е възможен. Основната идея на ОТО, изложена с няколко думи, е следната. От курса по обща физика, който ние водим, знаем, че когато на едно тяло не му действа сила, то или е в покой, или се движи без ускорение по права линия. Същото е и в ОТО, като направя обаче уточнението, че в ОТО гравитацията не е сила. За описание на гравитационното взаимодействие се използва изкривено пространство. Когато на една частица не ѝ действа сила, тя отново се движи без ускорение по траектория, наречена геодезична. Не е задължително обаче геодезичната траектория да е права линия. Тя е права линия, когато пространството не съдържа материя и енергия, т.е. в празно пространство. Когато обаче имаме материя и енергия, траекториите се закривяват и това закривяване е толкова по-силно, колкото е по-голяма плътността на материята, която предизвиква изкривяване на пространство-времето или колкото по-голяма е енергията, която се съдържа в даден обем от пространството. Най-силно закривяване се наблюдава около компактни обекти. Какви? Неутронни звезди и черни дупки. В сегашната лекция се интересуваме от черните дупки. Черните дупки са може би най-екстремното предсказание на ОТО.

2. Характерни структури

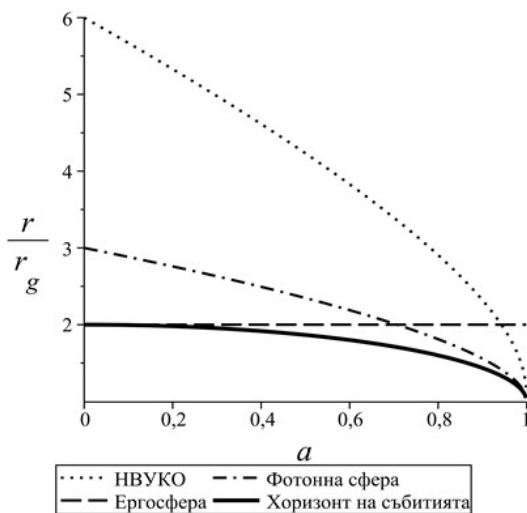


Фигура 1. Характерни структури на пространство-времето

Преди да достигнем до самата черна дупка, ние преминаваме през няколко характерни структури на пространство-времето, чието съществуване е предсказано от ОТО, но не е потвърдено експериментално. Всъщност с днешната лекция аз искам да ви ги представя, накратко разбира се, и да опи-

ша няколко наблюдаеми явления, с чиято помощ ние можем да ги изучаваме. Тук е мястото да направя уговорката, че ще разглеждам частния случай, в който масивни или безмасови (фотони) частици се движат в екваториалната равнина на черната дупка или звездата. Характерните структури са показани на Фигура 1.

Най-външната линия се нарича *най-вътрешна устойчива кръгова орбита* (НВУКО), следващата се нарича фотонна сфера, която, в случай на разпространение на светлината само в екваториалната равнина на черната дупка, се проявява като кръгова изотропна геодезична сфера, следва ергосферата и най-вътре е хоризонтът на събитията. С какво са свързани тези структури на пространство-времето? Най-външната, наречена НВУКО, е свързана с движението на частиците, които притежават маса: протони, неутрони, електрони, флуидни елементи, прахови частици и т.н. Фотонната сфера влияе само на тези частици, които нямат маса като фотоните и на евентуално съществуващите в природата гравитони, които са преносители на гравитационното взаимодействие. Следващите две структури, ергосферата и хоризонтът, се „чувстват“ както от частиците с маса, така и от безмасовите частици. Положението на тези структури зависи от една основна характеристика на черните дупки. Черните дупки според ОТО се описват само от един модел – черна дупка на Кер. Различните представители на черната дупка на Кер се отличават само по два параметъра – маса M и момент на импулса J .



Фигура 2. Зависимост на положението на характерните радиуси от специфичния момент на импулса на черната дупка

На Фигура 2 е показано как се променя положението на тези характерни структури със специфичния (безразмерен) момент на импулса на черната

дупка, $a = \frac{Jc}{GM^2}$. Както обикновено, c е скоростта на светлината, а с G е обозначена гравитационната константа на Нютон. Нулев специфичен момент на импулса означава невъртяща се черна дупка. Тя се нарича черна дупка на Шварцшилд. За черна дупка на Шварцшилд хоризонтът на събитията и ергосферата съвпадат. Това настъпва при два гравитационни радиуса. Гравитационния радиус се дефинира така $r_g = \frac{GM}{c^2}$. Фотонната сфера се проявява

при три гравитационни радиуса, а НВУКО – при шест. Вижда се, че с нарастване на специфичния момент на импулса хоризонтът на черната дупка и ергосферата се раздалечават един от друг, а двете орбити – фотонната сфера и НВУКО, се доближават една до друга и се доближават до хоризонта. Какво представляват тези структури на пространство-времето?

НВУКО

Моята лекция ще се фокусира най-вече върху НВУКО и фотонната сфера. Както и в Нютоновата физика, движението на частиците в екваториалната равнина се определя от две запазващи се величини – пълната енергия и момента на импулса. Каква е ролята на момента на импулса? Ако частица пада към черната дупка с нулев момент на импулса, тя ще се движи по права линия и ще падне радиално към черната дупка. Ако моментът на импулса обаче е различен от нула, траекторията ще бъде по-сложна, но все пак ще остане ограничена в екваториалната равнина заради Закона за запазване на момента на импулса. Най-голям интерес представляват кръговите орбити. Радиусът им зависи от големината на момента на импулса на частицата. Ако намаляваме момента на импулса на частицата, радиусът на кръговата орбита също намалява. Какво може да предизвика намаляване на момента на импулса? Гравитационната сила е централна, нейният момент е нулев и тя не може да промени момента на импулса. Следователно, веднъж захваната от кръгова орбита, частицата продължава да се движи безкрайно дълго време по нея и няма да падане върху черната дупка. Обаче триенето от материя, която също се намира в околност на черната дупка, може да доведе до намаляване на момента на импулса, в резултат на което частицата постепенно преминава на по-вътрешна орбита.

Дотук всичко е като в Нютоновата физика. Каква е разликата при ОТО? Ако имаме обикновена звезда, кръговите орбити достигат до самата повърхност на звездата. В ОТО, при черните дупки и при много компактни звезди обаче това не е така. Кръговите орбити спират да съществуват при крайна стойност на момента на импулса на частицата и при краен радиус. Най-вътрешната се нарича „най-вътрешна устойчива кръгова орбита“. Между нея и хоризонта движение по кръгова орбита не е възможно. Ако частица попадне

в тази вътрешната област, тя по спираловидна траектория попада в черната дупка. Това е накратко обяснението за какво е това НВУКО. Нека повторя, това е структура, която не се среща в Нютоновата физика. Среща се в ОТО, като нейното съществуване все още не е потвърдено.

Фотонна сфера

Няколко думи за фотонната сфера или за изотропната кръгова орбита. Както вече споменах, когато светлинните лъчи преминават близо до черната дупка, те силно се закривяват и когато достигнат до т.нар. фотонна сфера, светлинните траектории се затварят и лъчите започват да се движат по кръгова орбита. Веднъж попаднали върху кръговата орбита, те остават безкрайно дълго време върху нея. Наличието на такава орбита означава, че фотонните лъчи могат да обиколят няколко пъти черната дупка преди да достигнат до нас. Тази структура на пространство-времето, фотонната сфера, е още едно нетривиално и непотвърдено предсказание на ОТО.

Ергосфера

Преди да достигнем до самата черна дупка, чиято граница е хоризонтът на събитията, ние трябва да преминем през ергосферата. Какво представлява ергосферата? За да обясня, ще направя една аналогия. Представете си, че сте в лодка в река. На брега на реката има дърво и вие искате да останете неподвижни спрямо дървото. Какво трябва да правите? Трябва да гребете срещу течението. И колкото по-силно е течението, толкова по-бързо вие трябва да гребете. Казваме, че течението ни увелича. По подобен начин и пространство-времето в близост до черна дупка, както изобщо до всяко въртящо се тяло, но по-силно изразено до черна дупка, увелича намиращите се в близост до него тела. Например, ако пуснете към черната дупка частица, която пада с нулев момент на импулса, очакваме, че тя ще се движи по права линия и ще падне радиално в черната дупка. Ако черната дупка е статична, т.е. тя не се върти, именно това ще се случи, но ако черната дупка се върти, ще имаме увеличаване и частицата, макар че има нулев момент на импулса, ще започне да обикаля в посоката на въртене на черната дупка. За да преодолее това увеличаване на пространство-времето, частицата трябва да започне да се движи обратно на посоката на въртене на черната дупка. Попадне ли обаче в областта навътре от ергосферата, това става невъзможно. Трябва да се движи със скорост по-голяма от тази на светлината, за да преодолее увеличаването. Ергосферата е границата на областта, отвъд която не може да имаме статични обекти – те задължително се увеличават и обикалят заедно с черната дупка.

Хоризонт на събитията

И накрая само ще спомена, без да влизам в подробности, за хоризонта на събитията. Аз бих го нарекъл *a point of no return* – пресечете ли го веднъж,

не можете вече да се върнете обратно назад. Това се отнася както за частици с маса, така и за безмасови частици.

За да потвърдим, че наистина в природата съществуват черни дупки, ние трябва да докажем, че има хоризонт на събитията. Съвременната наука обаче все още не дава неопровержими доказателства за неговото съществуване. Сегашните усилия са насочени към първите две характерни структури на пространство-времето – НВУКО и фотонната сфера.

3. Астрофизични черни дупки

Нека да видим сега, къде можем да потърсим черни дупки във Вселената. Астрофизичните черни дупки, които са реални физични обекти кандидати за черни дупки, биват различни видове. Аз ще изброя само някои основни.

Първите са първични черни дупки (на английски – *primordial black holes*), чиято маса е близка до тази на Земята или на Слънцето. Тези черни дупки не се образуват като етап от еволюцията на звезда, а са образувани в ранната Вселена. Механизмът за образуването не е твърде изяснен.

Следващият вид черни дупки са наречени *stellar mass black holes* или черни дупки със звездна маса. Тяхната маса е между 2,5 и 50 Слънчеви маси. Механизмът за образуване на тези черни дупки е сравнително ясен. Счита се, че ако една звезда е достатъчно масивна, тя завършва еволюцията си като неутронна звезда и ако тази неутронна звезда има маса по-голяма от 2,5 Слънчеви маси, тя претърпява гравитационен колапс и завършва еволюцията си като черна дупка.

Следващият вид са черни дупки с умерена маса. Тяхната маса е над 50 Слънчеви маси и достига до 100 000 слънчеви маси. Такива черни дупки (обекти) са наблюдавани във Вселената, но механизмът за образуването им не е ясен, защото не е реалистично те да са образувани чрез гравитационен колапс от звезди.

И последният вид са свръхмасивните черни дупки, които се намират в центровете на галактики, активни ядра, квазари. Техните маси са от порядъка на милиони, даже стотици милиони Слънчеви маси. Днешното разбиране е, че в центъра на всяка една галактика съществува черна дупка.

4. Наблюдаеми явления

Как можем да наблюдаваме астрофизичните черни дупки? Няма как да отидем до черната дупка и да проверим има ли НВУКО или фотонна орбита. Можем да ги наблюдаваме основно по два начина – чрез електромагнитни вълни или чрез гравитационни вълни, като гравитационните вълни са много по-богат източник на информация, отколкото електромагнитните, затова е и този голям ентузиазъм, свързан със скорошното им експериментално откриване. Гравитационните вълни например могат да ни дадат информация за

процеси, които се случват във вътрешността на звезда, откъдето не можем да се надяваме, че ще дойде светлина. Гравитационните вълни също така биха могли да докажат директно наличието на хоризонт на събитията, електромагнитните вълни не могат. Засега, макар че електромагнитните вълни дават по-малко информация, техните възможности не са използвани докрай.

Какви са наблюдателните ситуации, в които до нас достигат електромагнитни вълни, носещи информация за черната дупка? Един възможен сценарий е електромагнитните вълни да са излъчени от материя, която е в близост до черната дупка. Друга възможност е да са излъчени от далечен наблюдател, като на пътя си към нас преминават достатъчно близо до черната дупка, поради което претърпяват някакво изменение, например изменение в посоката или профила на снопа. Аз ще разгледам предимно първия сценарий, при който материя, намираща се в близост до черната дупка, излъчва. Съвсем накратко ще спомена и за втория сценарий.

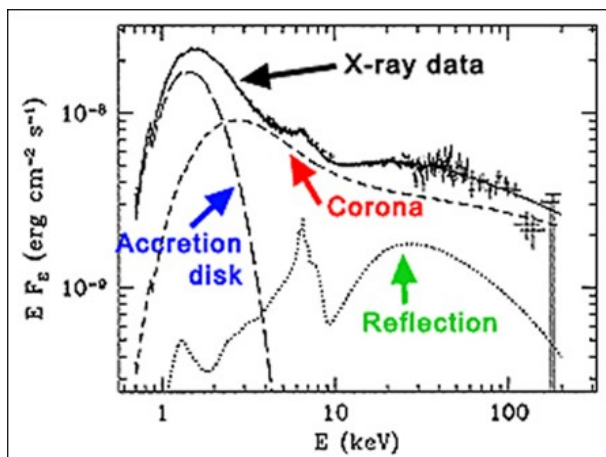
Материята, която се намира в близост до черната дупка, обикновено формира акреционен диск. Типична ситуация, в която се формира акреционен диск, е следната. Имаме двойна система от звезди. Едната е по-тежка, другата – по-лека. По-тежката еволюира до черна дупка. Тя откъсва с гравитационното си поле материя от по-леката звезда, която, падайки към черната дупка, образува акреционен диск поради споменатия вече Закон за запазване на момента на импулса. Наблюдава се също така изхвърляне на материя през полюсите на черната дупка във вид на струи, но тези струи в момента няма да коментираме. Единственото, което ще кажа е, че вероятно механизмът за образуването на тези струи е свързан с ергосферата.

Какво се случва с материята, която пада към черната дупка? Падайки към черната дупка, тя се загарява, понеже нейната гравитационна потенциална енергия се трансформира в кинетична. Загаряването е огромно, достига до десетки милиони градуса по Келвин, и тъй като тази материя е много гореща, тя излъчва предимно в рентгеновата част на спектъра. Ние наблюдаваме тези акреционни дискове най-вече в рентгеновия диапазон. Ефективността на излъчването е много голяма. До 40% от масата на покой на материята може да бъде излъчена по този начин, което е много ефективен процес. За сравнение, при ядрените реакции, части от процента на масата на покой се излъчва, а при аниhilация – 100 %.

Спектър на акреционен диск

Какво наблюдаваме? Наблюдението в рентгеновия спектър не ни носи пространствена информация. Чрез наблюдения в рентгеновия спектър не можем да получим снимка на акреционния диск например. Това, което наблюдаваме, е интензитета на лъчението, как то се изменя с времето и състава му. Под състав имам предвид какви цветове влизат в него и в какви пропорции. Какво наричам цвят? Цвят наричам енергията на фотоните. Тя се определя

от честотата, а когато сме във видимия спектър честотата определя цвета. Вместо да говоря за енергия на фотоните, аз използвам думата цвят – мисля, че е по-интуитивно. На Фигура 3 е показана една примерна спектрална крива в рентгеновия обхват.



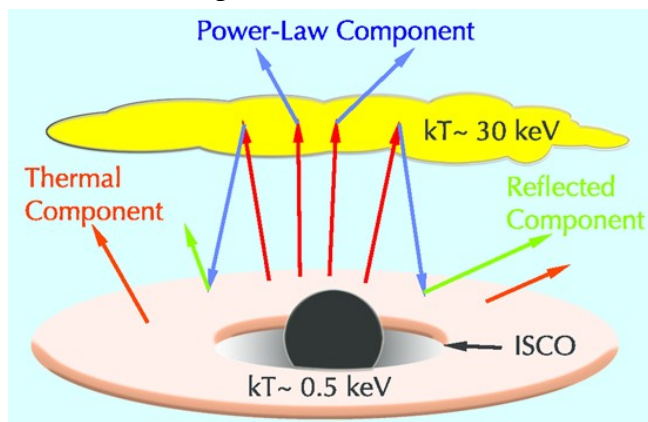
Фигура 3. Спектрална крива на акреционен диск [1, 2]

По хоризонталната ос е цветът, т.е. енергията на фотоните. По вертикалната ос е интензитетът на излъчването, т.е. енергията, излъчена от единица площ за единица време при даден цвят. Експерименталната крива е най-горната, показана с черен цвят, означена като *X-ray data*. Дотук с наблюденията. Оттук нататък трябва да излезем от чистите наблюдения, за да извлечем информация от тази крива. Трябва да я моделираме. Какво включва един модел? Първо, трябва да направим модел за пространство-времето. Обикновено, в повечето разглеждания се счита, че то е пространство-време на черна дупка на Кер, като се пренебрегва ефектът, който дискът има върху структурата на пространство-времето. Също така се пренебрегва и ефектът на партньора в двойните системи, което е странно, но все пак опростяващо разглежданията допускане. За интерпретацията на рентгеновите спектри се създава професионален (специализиран) софтуер, който включва всички компоненти, които сега ще изброя, но повечето от тези професионални програми работят с черна дупка на Кер, а не с алтернативи. Те например не допускат, че черната дупка може да има друга форма, че може да има някакви други характеристики като електричен заряд, че може да бъде черна дупка на Калужа-Клайн, която носи информация и за (евентуални) по-високи измерения, не разглеждат възможността централният обект да е червеева дупка (*wormhole*) и т.н. Изброените обекти се считат за екзотични и не се разглеждат.

След това ние трябва да направим модел на акреционния диск, който по същината си е магнитохидродинамика в изкривено пространство-време. Един такъв модел трябва да опише формата и структурата на акреционния

диск, разпределението на налягането, разпределението на температурата, механизмите на пренос на маса, енергия, момент на импулса и доколко те са ефективни, преноса на лъчение и т.н. Освен това, един такъв модел трябва да опише и наличието на корона над акреционния диск. Тя наподобява короната на Слънцето и представлява горещ газ с температура, десетки пъти по-голяма от тази на акреционния диск. Спрямо нея, акреционният диск даже е студен. Един модел трябва да отчете и химичния състав на диска, какви елементи се срещат в него, а също и ролята на магнитното поле. В по-простите модели магнитното поле се пренебрегва, но то със сигурност играе съществена роля.

След като имаме модел на излъчвателя ние трябва да можем адекватно да опишем разпространението на електромагнитни вълни в това изкривено пространство-време и да видим как това ще доведе до формирането на образи. Трябва да се отчете спектралното отместване, закривяването на светлинните лъчи и всички оптични ефекти.



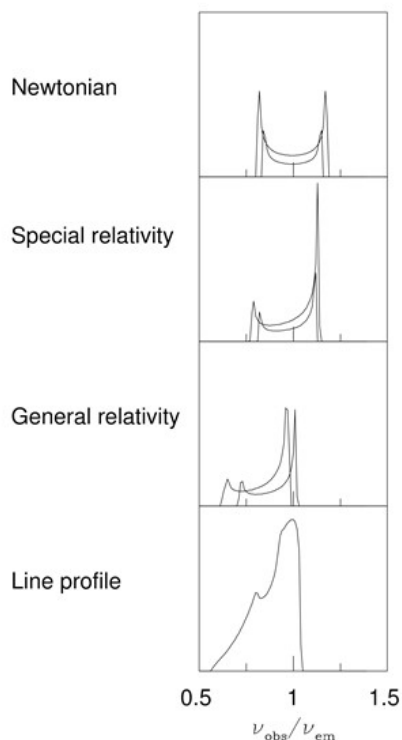
Фигура 4. Принос на акреционния диск и короната за формирането на рентгеновия спектър [3]

Счита се, че спектралната крива от Фигура 3 се формира от приноса на следните три компоненти: лъчение, което идва до нас непосредствено от короната на акреционния диск; лъчение, което идва до нас непосредствено от акреционния диск; и лъчение, което е излъчено от короната, отразено от акреционния диск и чак тогава достигащо до нас (Фигура 4). Нека да ги коментираме отново върху Фигура 3. Приносът на короната е показан с червения цвят. Короната покрива от най-ниско енергетичната до най-високо енергетичната част от спектъра. Отразеното лъчение също покрива от най-ниската до най-високата част на спектъра. Тук се наблюдава едно плато, наречено Комптъново плато. Причината отразеното лъчение да покрива високата част на спектъра е, че отразените фотони, преминавайки обратно през горещата корона, претърпяват Комптъново разсейване и така тяхната енергия се пови-

шава. В отразената част на спектъра се наблюдава един неправилен участък. Този участък съдържа флуоресцентни линии, като най-голям принос има $K\alpha$ -линията на желязото. За акреционния диск казахме, че е по-студен, затова и неговият принос към спектралната крива се свежда само до по-ниско енергетичната част на спектъра.

За изследването на причинната структура на пространство-времето се използват спектъра на акреционния диск и характеристичните линии в отразеното лъчение. Короната не се използва поради липса на подходящ модел за нея. Всъщност, двата основни метода, които се използват за изследването на черни дупки, за измерването на техните характеристики и най-вече на основната им характеристика – специфичен момент на импулса, са: апроксимация на непрекъснатия спектър на акреционния диск (*continuum fitting*) и апроксимация на профила на $K\alpha$ -линията на желязото (*Fe-line profile fitting*). Накратко ще представя тези два метода.

Първо, за непрекъснатата част на акреционния спектър. За акреционния диск имаме достатъчно добри модели, според които температурата нараства, когато приближаваме черната дупка, към центъра на акреционния диск. След като температурата има профил, то и мощността също ще има профил, тъй като, както знаем от закона на Стефан-Болцман, мощността на излъчването е пропорционална на четвъртата степен на температурата. Счита се, че показаният спектър на акреционния диск се получава като суперпозиция от спектрите на континуум от (абсолютно черни) тела с различни температури. Каква е тук ролята на пространство-времето? Колкото по-навътре влизаме, толкова по-висока е температурата. Моделът за непрекъснатата част на рентгеновия спектър може да ни каже, колко навътре към черната дупка се простира акреционният диск. Ако познаваме масата и момента на импулса на черната дупка, ние можем да намерим най-вътрешната устойчива кръгова орбита и да проверим как вътрешният радиус на акреционния диск се съотнася спрямо нея. Дали вътрешната граница на акреционния диск съвпада с тази орбита, или той престава да съществува преди тя да е



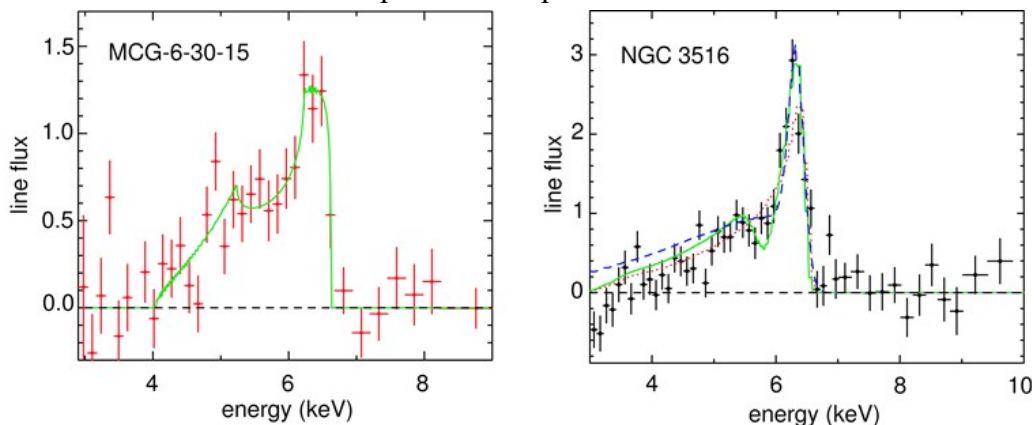
Фигура 5. Профил на $K\alpha$ -линията на желязото [4]

достигната? Този метод обаче се използва най-вече в обратната посока. Считаме, че границата на акреционния диск съвпада с НВУКО и чрез апроксимация на непрекъснатия спектър получаваме информация за радиуса на НВУКО, а оттам – и за момента на импулса на черната дупка.

Няколко думи за профила на $K\alpha$ -линията на желязото. Тя се получава от флуоресценция. Високоенергетичното лъчение от короната облъчва студения спрямо нея акреционен диск и се наблюдава флуоресценция. Акреционният диск се движи. Половината от него се доближава до нас, а другата половина се отдалечава, т.е. част от лъчението ще претърпи синьо отместване (тази която се приближава до нас), а останалата част се отмества към червената част на спектъра. Затова $K\alpha$ -линията се разцепва на две. Това е приносът на Нютоновата физика към формирането на профила на $K\alpha$ -линията. След това имаме допълнително деформиране на линията заради това, че акреционния диск и короната се движат една спрямо друга и тогава се проявяват ефекти на СТО – имаме усилване на червеното отместване. Значително усилване на червеното отместване се дължи на гравитационното поле. Колкото по-навътре към центъра на акреционния диск се намира източникът на лъчението, толкова по-голяма е кривината на пространство-времето, съответно толкова по-силно е червеното отместване и толкова по-силно деформирана към червената област е ивицата. В крайна сметка се получава ивица, подобна на тази, която е представена най-долу на Фигура 5.

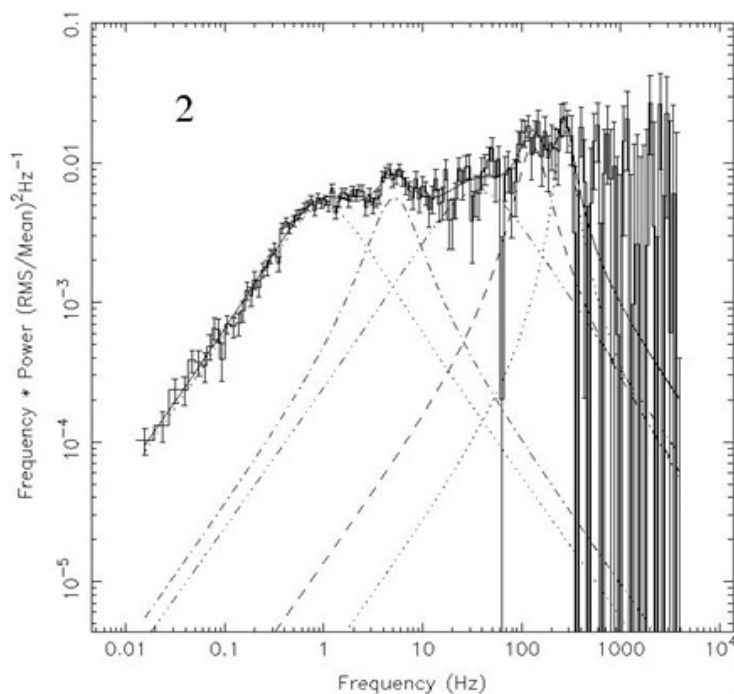
Такива линии наистина се наблюдават дори със съществуващата апаратура и даже още от 80-те години на XX в. са достъпни за астрономите.

На следващата Фигура 6 са показани експериментални данни за две галактики. С непрекъснатата линия е показана кривата, получена от модел, като моделът включва всички изброени по-горе компоненти.



Фигура 6. Експериментални данни и моделна крива на $K\alpha$ -линията на желязото на галактиките MCG-6-30-15 и NGC 3516 [5]

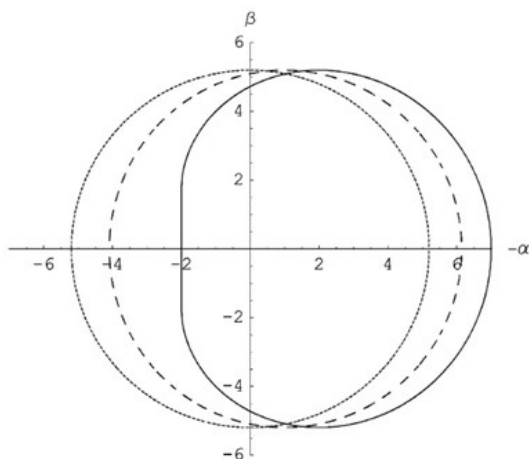
Има и още един начин да интерпретираме достигащото до нас рентгеново лъчение и той е не да гледаме отделно различните цветове, а да гледаме как интегралния поток на енергия се изменя с времето. Вариацията му е сложна, затова за обработването му обикновено се използва Фурие преобразование. На Фигура 7 е показана по вертикалата мощността на излъчването, по хоризонталата е честотата, като тази честота не е честотата на фотоните, а честотата, с която интензитетът на лъчението се изменя. В този вид спектрални криви се наблюдават характерни връхчета, които се наричат квазипериодични осцилации (всъщност за тях съм ви разказвал вече в Дните на физиката, понеже научните ми интереси са в тази област). Хипотезата е, че тези честоти, тези вариации на лъчението се дължат на движението на материята в акреционния диск и от тези честоти можем да направим изводи за масата и момента на импулса на черната дупка. Всъщност това е един доста точен метод за измерването на тези параметри.



Фигура 7. Спектрална крива на неутронната звезда 4U 1728-34 [6]

Накрая, няколко думи и за другата наблюдателна постановка, която споменах. Далечен източник на светлина изпраща лъчи към нас, които преминават по пътя си покрай черна дупка, преди да достигат до нас. Лъчите преминават достатъчно близо до черната дупка, така че да ни позволят да изучим пространство-времето около нея. При определени условия бихме могли да видим тъмно петно на светъл фон, чиято форма, показана като пример на

Фигура 8, носи информация за черната дупка. Това петно представлява всъщност сянката на фотонната сфера, за която вече споменах.

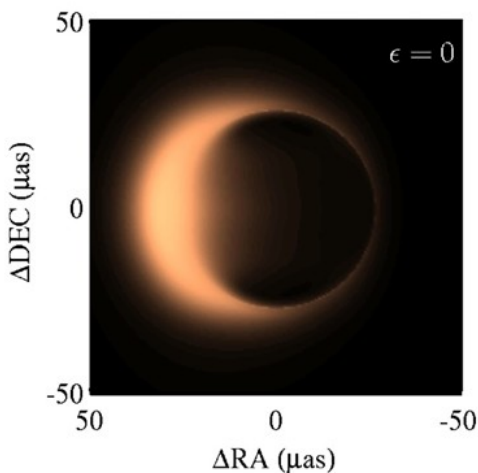


Фигура 8. Модел на сянката на черна дупка на Кер за различни стойности на специфичния момент на импулса [7]

Какви характеристики има това петно?

1. Размер. По него може да се определи масата, ако знаем разстоянието до черната дупка, която наблюдаваме.

2. Положение и форма. По деформацията на образа (отклонението от кръглата форма) може да се определи момента на импулса на черната дупка. Ако пък образът е различен от това, което очакваме от ОТО, това би означавало, че черната дупка не е на Кер, че може да има някакви други характеристики, че е деформирана или има заряд и т.н.



Фигура 9. Образът на Sagittarius A* – черната дупка, намираща се в центъра на нашата галактика, получен чрез компютърно моделиране [8]

На Фигура 9 е показана симулация на образа на черната дупка *Sagittarius A**, която се намира в нашата Галактика и е най-близката до нас достатъчно голяма черна дупка, за да се надяваме, че може да бъде видяна по този начин. Тези изображения вече са достъпни за наблюдение. Апаратурата вече достига необходимата разделителна способност, която е от порядъка на 50 микродъгови секунди. Това се постига не от един телескоп, а от система от телескопи, които се намират на различни места по света (Чили, Мексико, Европа и т.н.), и които са синхронизирани да работят заедно, като един огромен телескоп.

Настоящата лекция е просто реклама на поле от съвременната астрофизика, което за мен е много интересно, в което имам желание да навляза все повече. Мисля, че в това поле има хляб за много работа, както експериментална, така и теоретична.

Накрая позволете ми да благодаря на всички, които имат принос за моето академично израстване. Първоначалния тласък в академичното си развитие дължа на проф. Стойчо Язаджиев и неговата група. Също така бих искал да благодаря и на проф. Иван Узунов, който беше предишният директор на ДПФ за доверието, което ми засвидетелства, и за подкрепата. А също и на моята съпруга, която ме подкрепя във всяка моя важна житейска стъпка. Благодаря и на вас за това, че ме уважихте с присъствието си!

Литература

1. M. Gierlinski, A. A. Zdziarski, High Energy Processes in Accreting Black Holes, ASP Conference Series **161**, (1999), p.64.
2. Jillian's Guide to Black Holes, <http://www.gothosenterprises.com>
3. J. E. McClintock et al., The Astrophysical Journal **742**, 17. (2011).
4. A.C. Fabian, Feeding Compact Objects: Accretion on All Scales, IAU Symposium **290**, pp. 3-12.
5. K. Nandra, Proceedings of X-ray Astronomy '99 - Stellar Endpoints, AGN and the Diffuse Background AIP Conference Proceedings **599**, pp. 264-273 (2001)
6. M. Kalamkar, D. Altamirano, M. van der Klis, The Astrophysical Journal **729**, 7 (2011).
7. F. D. Paolis et al., The Scales of Gravitational Lensing, Universe 2016, 2(1), 6.
8. A. E. Broderick, V. L. Fish, S. S. Doeleman, A. Loeb, The Astrophysical Journal **735**, 15 pp. (2011).

120 ГОДИНИ БЪЛГАРСКО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

На 29-ти март 2018 г. в Аулата на СУ „Св. Климент Охридски“ се състоя тържествено честване, посветено на 120-ата годишнина от създаването на Българското физико-математическо дружество – предшественик на Съюза на физиците и на Съюза на математиците в България. Тържеството бе организирано от Съюза на физиците в България в Деня на физиката – денят, когато през 1898 г. е приет Уставът на дружеството.



акад. А. Петров

Тържественото отбелязване на юбилея бе открито от председателя на Съюза на физиците в България, академик Александър Г. Петров. Официални гости бяха Ректорът на СУ „Св. Кл. Охридски“ проф. дфн Анастас Герджиков, проф. Иван Димов, зам.-министър на МОН, чл.-кор. Костадин Ганев, зам.-председател на БАН и академик Никола Съботинов, председател на БАН (2008 – 2012).



По време на честването бе прочетен поздравителен адрес от президента на Републиката Румен Радев. Проф. Иван Димов поднесе приветствие от името на министър Красимир Вълчев, а проф. дфн Анастас Герджиков и чл.-кор. Костадин Ганев честитиха празника от свое име и от името на академичните общности на двете най-стари научни средища в България. Деканът на Физическия факултет проф. Александър Драйшу поздрави своите колеги с Деня на физиката и юбилея на СФБ.



Академичният хор „Ангел Манолов“

В рамките на тържеството присъстващите чуха изпълнение на Академичния хор „Ангел Манолов“, приветствия от д-р Ваня Кастрева, началник на Регионалното управление на образованието – София-град, издателство „Аз-Буки“, Фондация „Еврика“, Съюза на учените, Съюза на химиците, Съюза на математиците и други. Те имаха възможността да изслушат юбилейните доклади на доц. Ганка Камишева и на проф. Иван Лалов, проследяващи съдбата на Българското физико-математическо дружество и дейността на Съюза на физиците в България от създаването им до днес, както и словото на проф. Стойчо Язджиев за световноизвестния британски физик Стивън Хокинг.



Проф. Стойчо Язджиев



СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
УПРАВИТЕЛЕН СЪВЕТ
1164-София, бул. „Джеймс Баучер“ 5
тел.: (02) 86 27 660, (02) 81 61 684
e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

120 ГОДИНИ БЪЛГАРСКО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

ПРОГРАМА

Начало: 15 часа

❖ Музикален поздрав от Академичен хор „Ангел Манолов“ с диригент Дарена Попова

❖ Откриване – Александър Г. Петров, академик, председател на Съюза на физиците в България (СФБ)

❖ Поздравителни адреси (МОН, издателство „Аз-Буки“, БАН, СУ “Св. Кл. Охридски“, Фондация „Еврика“, Съюз на учените и Съюз на химиците в България)

❖ Юбилейни доклади:

- **Съюзна дейност 1898-1950**, Ганка Камишева, доцент в Института по физика на твърдото тяло при БАН

- **Съюзът на физиците в България в периода 1971-2018**, Иван Лалов, професор, зам.-председател на СФБ.

❖ **Слово за Стивън Хокинг**, Стойчо Язаджиев, професор във Физическия факултет на СУ.

Край: 17 часа

Визитки:

Александър Г. Петров – академик (2003), председател на СФБ от 2010, председател на Балканския физически съюз от 2015 г., член на Европейското физическо дружество, директор на Института по физика на твърдото тяло при БАН (1999 – 2015).

Иван Лалов – професор, дфн във ФзФ на СУ „Св. Климент Охридски“, зам.-председател на СФБ, ректор на СУ „Св. Климент Охридски“ (1993–1999), министър на образованието, науката и технологиите (1997), председател на СБФ (1992–2001), председател на Балканския физически съюз (2003–2006).

Стойчо Язджиев – професор, дфн във ФзФ на СУ „Св. Климент Охридски“. Специалист по теоретична и математическа физика, физика на пространство-времето и гравитацията, астрофизика и космология, диференциална геометрия и топология, нелинейни частни диференциални уравнения, числени методи и изчислителна физика; с научни приноси, известни като теорема на Холандс-Язджиев за фактор-пространството; теорема на Холандс-Язджиев за топологията на хоризонта във високи измерения, теореми за единственост на Холандс-Язджиев, неравенства на Язджиев и др.

Анотация на докладите:

Съюзна дейност 1898-1950 – Исторически преглед, фокусиран върху създаването на дружеството по инициатива на проф. Емануил Иванов, неговите цели, структура, управление, издавани бюлетини и списания.

Съюзът на физиците в България в периода 1971-2018 – В доклада се проследява цялостната дейност, която извършва СФБ, и която е свързана с образованието по физика, научните и приложни изследвания, с установяването на международни контакти за организиране и участие на международни форуми и с популяризирането на физическата мисъл.



Република България
Президент

ДО
АКАД. ДФН АЛЕКСАНДЪР ПЕТРОВ
ПРЕДСЕДАТЕЛ НА УС НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ

Уважаеми академик Петров,

Днес, в Деня на физиката, за мен е чест да поздравя Вас и членовете на Съюза на физиците в България по повод 120-годишнината от създаването на Българското физико-математическо дружество.

В основата на множество от съвременните високотехнологични научни разработки в областта на физиката стоят откритията на международно признати български учени. Горд съм от неоспоримия принос на българските научни постижения в областта на физическите теоретични и приложни научни дисциплини в световен мащаб. Плод на висококачествено образование и неспирен стремеж към нови открития, те са характеристика на научноизследователската дейност на българските физици през изминалите 120 години. Наред с това, признание заслужава и активната работа на Съюза на физиците в България за разработените програми за обучение в училищата и завоюваните от българските олимпийски отбори по физика победи. Тези постижения издигат Вашия авторитет и нареждат страната ни в челото на световните класации.

Вярвам, че успехите на българската научна школа както в областта на фундаменталната физика, така и в приложните й сегменти, допринасят за развитието и технологичния напредък и мотивират младите умове, поели по пътя на науката, да преследват все по-далечните хоризонти на познанието.

Пожелавам на членовете на Съюза на физиците в България крeпко здраве и непоколебима упоритост в научните търсения.

Честита годишнина!

29 март 2018 г.

Румен Радев
ПРЕЗИДЕНТ НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

КОИ СА ВЕЛИКИТЕ ФИЗИЦИ НА ЕВРОПА

Катарина Павловская

Поздрав към СФБ от завършващ дванадесетокласник, 2018 година
157 ГИЧЕ „Сесар Вайехо“, София

Историята на физиката е една от най-увлекателните и ползотворни за нашата цивилизация. Защото прогресът, който достигнахме днес, не би бил възможен без същността на понятие, съставено от шест букви – ФИЗИКА. Говорим за оптични кабели, които свързват континенти; мобилни устройства, сравними с портали, откриващи път към безкрайната вселена, наречена „Информация“; подводници – господари на морското дъно, или пък самолети, разполовяващи въздуха с „мълниеносната“ си скорост... Списъкът е толкова дълъг, че никога няма да стигнем края, ако въобще съществува такъв.

И, разбира се, целият този труд лежи върху плещите на най-умните хора по света и в Европа в частност. Тогава кои са великите физици на Европа? Може би Християн Хюйгенс – холандски учен, който определя постоянните точки на термометъра, изобретява първото часовниково махало и конструира окуляр. Или пък Никола Тесла – физик и електромашинен инженер, известен най-вече с постиженията си в областта на променливия ток и електроснабдяването; а магнитите (не тези на вратата на хладилника ви), вече не са същите и имат ново поле за изява. Магнитна индукция: Уикипедия ви е в помощ, ако не се сещате за какво става въпрос. А знаете ли, с какво е известна Дания освен *LEGO* и невероятни сладки? Не или поне не всички, затова аз ще Ви разкрия тази сензация. Нилс Бор! Или създателят на първата теория на атома, на базата на която обяснява особеностите на Периодичната система на химичните елементи. Любимият ми английски физик е Ърнст Ръдърфорд – основоположник на ядрената физика, създател на планетарния модел на атома, на теорията на радиоактивното разпадане и какво ли още не. С толкова велики умове мисля да се ограничим, въпреки че (чакайте малко), накъде без италианци? Енрико Ферми построява първия ядрен реактор и пръв осъществява управляема верижна реакция. Изплашихте ли се? Георги Наджаков, Кирил Серафимов, Матей Матеев и за да завършим все пак тази „миникласация“, ще споменем Джон Атанасов и първия електронен компютър. Наистина велики, известни, неподражаеми!

В този контекст бих искала да спомена и учени, които са останали в сянката на историята. Тези, които посветиха живота си или част от него за бъде-

щето на човешката култура и общност. Имената им не са ни известни, но приносът е осезаем. Благодаря Ви! Поклон!

Но нека се върнем в настоящето след тази ретроспекция. За да дадем адекватна оценка на личностите и събитията от миналото, ни е нужно „X“ време, което да е изминало и да е проявило стойността им. Бих искала да пресека тази традиция в корена и преди да говорим за човека в минало свършено време, да го удостоим с вниманието си в настоящето. На фона на тези велики умове (изброени по-нагоре), пред които хората благоговейт, има световно неизвестни имена. Една от тези „перли“ в европейската физика е Теодосий Теодосиев или още познат като „даскал на Балкана“. Сигурно сте чували, но смея да предположа, че не сте обръщали голямо внимание. Дългогодишен преподавател по физика в ПМГ „Никола Обрешков“ в гр. Казанлък. Ръководи специализирана школа по приложна математика и физика. За нуждите на тази школа е създал база за експериментални задачи по физика. Ежегодно подготвя по-голямата част от националните отбори на България за състезания и олимпиади по физика. От общо 11 златни медала, печелени досега от български участници на Международни олимпиади по физика, 7 са на възпитаници от неговата школа. Достатъчно аргументирано ли е, за да се съгласите с мен, че е достоен за категорията *Великите физици на Европа*! Но парадоксът е в друго. Трудът на такива хора не се оценява по достойнство, както и на учителя в общата картина. Не знам как и кога ще се промени това положение и какво мога да направя, за да „задвижа“ този механизъм на промяната.

Но поне мога да отправя този апел:

От името на всички ученици, искам да изкажа почитта си към Вас, нашите учители, защото без труда, търпението и жертвата Ви нямаше да сме същите. Нямаше да има велики физици, готвачи, балерини, космонавти... Нямаше да има сигурна опора на човешкия прогрес и еволюция.

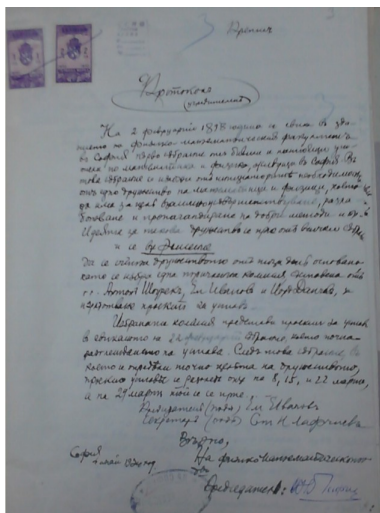
120 години от създаването на Физико-математическо дружество! 120 години на ново и по-различно начало.

Честит празник!!!

120 ГОДИНИ СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ. СЪЮЗНА ДЕЙНОСТ 1898-1950

Ганка Камишева

Съюзът на физиците в България преминава през различни периоди през 120-годишната си история – от регионално Софийско дружество по физика и математика до Съюз на физиците в България. Дългата му история е отпразнувана няколко пъти. Първото честване е проведено през 1939 г. Четиридесетгодишнината на дружеството е отбелязана с издаването на Юбилеен сборник [1]. Дружеството на физиците чества своя 80-годишен юбилей на 3 май 1978 г. Статията на А. Ваврек, посветена на 90-годишнината на дружеството [2], е пръв опит за документално проучване. 100-години от създаването на Физико-математическото дружество Съюзът на физиците чества през 1998 г. Тържественото събрание, посветено на 110-ата му годишнина, е проведено в Аулата на Софийския университет на 24 октомври 2008 г. [3]. Сто и двадесетата годишнина на Съюза на физиците е отбелязана в Аулата на Софийския университет на 20 март 2018 г.



Учредителният протокол

Денят 29 март е избран за Ден на физиката, защото на този ден е учредено Физико-математическото дружество в България през 1898 г. В 120-годишната история на Съюза могат да се набележат 5 различни периода: 1) Физико-математическо дружество в София (1898 – 1934); 2) Българско физико-математическо дружество (1934 – 1950); 3) Физико-математическо дружество (1950 – 1971); 4) Дружество на физиците (1971 – 1989) и 5) Съюз на физиците в България (1990 –). Настоящата статия има за цел да разгледа документално дейността на Физико-математическото дружество, доколкото това е възможно.

Оригинален документ за първия от тези периоди е протоколната книга на Физико-математическото дружество за периода 1905 – 1936 г., която в електронен вид се намира на интернет страницата на Съюза на математиците [4]. Тя съдържа 343 ръкописни страници. Извори за втория период се съхраняват във фонда на Софийския областен съд [5]. За третия и четвъртия период са използвани записките на Мила Атанасова [6].

През 90-те години на 19 век, след създаването на Физико-математическо отделение към Висшето училище в София, стремежът към усъвършенстване и разпространение на научното знание обединява физици и математици, учители, университетски преподаватели и асистенти. Проф. Емануил Иванов е инициатор да започне подготовка за създаването на Физико-математическо дружество през март 1897 г. Учредителното събрание е проведено една година по-късно – на 2 февруари 1898 г. (по стар стил, новият е въведен в България през 1916 г.). Избраната тричленна комисия, състояща се от професорите: Антон Шоурек, Емануил Иванов и Юрдан Ив. Данчев, подготвя проект за устав на дружеството. Както се вижда от учредителния протокол, уставът на дружеството е приет на 29 март 1898 г. Учредителният протокол е подписан от Емануил Иванов като председател и от Стефан Лафчиев като секретар. Физико-математическото дружество си поставя за цел да подпомага издаването на научни трудове, учебна и педагогическа литература, както и утвърждаването на научна физическа и математическа терминология. Дискусиите по такива теми се организират един или два пъти месечно. На събранията на Дружеството се изнасят сказки и реферати.

Изборни длъжности в дружеството са председател, членове на настоятелството, секретар, касиер и библиотекар, двамата членове на проверителната комисия и трима членове на редакционната комисия. Много хора заемат тези длъжности през 120-годишната история на Дружеството.

Председатели на Физико-математическото дружество



Благовест Долапчиев
(1941 – 1945)



Георги Наджаков
(1945 – 1950)



Петко Иванов
(1960 – 1963)
(1967–1971)



Боян Петканчин
(1963 – 1967)



Стефан Лафчиев
(1904 – 1906)
(1910 – 1941)



Спиридон Ганев
(1906 – 1908)



Георги Кирков
(1908 – 1910)



Иван Салабашев
(1898 – 1900)



Емануил Иванов
(1900 – 1902)



Антон Шоурек
(1902 – 1904)

Първ председател на настоятелството е Иван Салабашев. Настоятелството има секретар (Емануил Иванов) и библиотекар (Куни Кутинчев) със съветници Иван Гюзелев и Стефан Лафчиев. Всеки от членовете на настоятелството внася годишно над 100 лева в касата на дружеството за неговата издръжка. Председатели на Физико-математическото дружество са били: Иван Салабашев (1898 – 1900), Емануил Иванов (1900 – 1902), Антон Шоурек (1902 – 1904), Георги Кирков (1904 – 1906; 1908 – 1910), Спиридон Ганев (1906 – 1908), Стефан Лафчиев (1910 – 1941), Благовест Долапчиев (1941 – 1945), Георги Наджаков (1945 – 1950), Петко Иванов (1960 – 1963; 1967 – 1971) и Боян Петканчин (1963 – 1967).

Международните контакти на Физико-математическото дружество датират от създаването му. То изпраща свои делегати на Международните математически конгреси в Рим (1908) и Болоня (1928), на Общославянския математически конгрес във Варшава (1929), на Международния конгрес на математиците в Цюрих (1932), на Конгреса на Италианското дружество за напредъка на науките в Бари (1933), на Международния математически конгрес в Осло (1936) и на Балканския математически конгрес в Букурещ (1937) [7-10]. По-късно Дружеството има двама свои представители в Международния комитет по радиология в Лондон.

Физико-математическо дружество в София (1898 – 1934)

През първия период от 1898 до 1934 г. Физико-математическото дружество е софийско и няма секции в страната. В него обаче членуват учители по физика и математика от други градове. През май 1899 г. са положени основите на специализирана физико-математическа научна библиотека. Библиотеката на Дружеството получава през 1905 г. от Георги Кирков 156 книги, от които 37 по физика. По време на социалистическия период, след закриването на Физико-математическото дружество, фондовете на библиотеката му са прехвърлени към библиотеката при Математическия факултет на Софийския университет, където могат да бъдат намерени и днес.

През периода от 1899 до 1901 г. са отпечатани три Годишника на Дружеството [11]. Шест години след създаването си Дружеството събира достатъчно капитал, с който започва издаването на Списание на Физико-математическото дружество в София. От него излизат 33 годишници през периода от 1904 до 1950 г. Тиражът се запазва през целия период – 1000 броя. През 1958 г. то е преименувано на Физико-математическо списание и се издава до 1993 г. Списание то не излиза от 1951 до 1957 г. и през 1992 г. До 1950 г. отговорни редактори на списанието са били: Стефан Лафчиев (1904 – 1906, 1911 – 1940), Димитър Попов (1906 – 1907), Спиридон Ганев (1909 – 1910), Любомир Кръстанов (1946 – 1947) и Аркадий Стоянов (1948 – 1949).

Отчетите на Физико-математическото дружество се печатат редовно в Списание то като „Дружествена хроника“ [12]. Членовете му нарастват от 40

през първите години до около 800 в края на първия период. За почетни членове на дружеството са избрани Христо Г. Данов и Стефан Лафчиев.

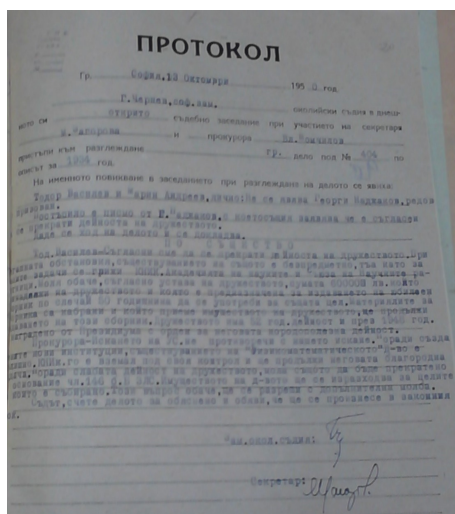
Българско физико-математическо дружество (1934 – 1950)

През втория период от 1934 до 1950 г. Дружеството съществува като юридическо лице и се нарича Българско физико-математическо дружество. Във фонда на Софийския областен съд се пази фирмено дело № 404 от 1934 г. на Физико-математическото дружество. То съдържа 25 листа от периода 20 април 1934 до 13 октомври 1950 г. Към заявлението за регистрация на дружеството в Софийския областен съд с входящ номер 382 от 20 април 1934 г. са приложени: препис от учредителния протокол (1898), препис от Устава на дружеството и препис-извлечения от протоколите за избора на членовете на настоятелството. През 1934 г. настоятелството се състои от Стефан Лафчиев (председател), проф. Иван Ценов (подпредседател), Петко Иванов (секретар), Стефан Козарев (касиер), Аркади Стоянов (библиотекар) и членове: Атанас Димитров, Стефан Бончев, Константин Иванов и д-р Александър Иванов. През втория период към Дружеството са обособени астрономическа секция, колоквиум по опитна физика и студентско академично физико-математическо дружество с клонове извън София.

Физико-математическо дружество (1950 – 1971)

Фирменото дело № 404 от 1934 г. е прекратено на 13 октомври 1950 г. На заседанието на Софийския областен съд присъстват секретарят на дружеството Тодор Василев и неговият касиер Марин Андреев. Председателят на дружеството проф. Георги Наджаков също е призован. Той изпраща писмо, в което изразява съгласие да се прекрати дейността на дружеството. Думите на Тодор Василев пред съда са: *„Съгласни сме да се прекрати дейността на дружеството. При сегашната обстановка съществуването на същото е безпредметно, тъй като за същите задачи се грижи Комитета за наука, изкуство и култура, Академията на науките и Съюза на научните работници“* [5].

Физико-математическото дружество е възстановено като колективен член на Съюза на научните работници през 1960 г. Учредителното събрание е проведено на 15 декември 1960 г. в Заседателната зала на Съюза на научните работници на бул. „Толбухин“ 18 с участието на 34-



Протокол от заседанието на Софийския областен съд

ма физици и математици. Нов момент в дейността на дружеството са създадените секции извън София. До края на 1964 г. дружеството има създадени 39 секции във всички окръжни градове с 1600 членове. Утвърдена е двустепенна структура на ръководство, която се състои от местни ръководства на секциите и централно ръководство в София. Физико-математическото дружество поема надзора над Националната математическа гимназия в София след откриването ѝ (1968). На 12 април 1963 г. е проведена Първата национална конференция. През 60-те години на 20 век в България започва научно-технически подем на промишлеността, който е свързан с полупроводниковата и функционална електроника, микроелектрониката, изчислителната техника, квантовата електроника и ядрената енергетика. Ново предизвикателство към дружеството е връзката на физиката и математиката с промишлеността. На 24 декември 1970 г. Физико-математическото дружество получава разрешение да се преобразува в две отделни самостоятелни дружества – на физиците и на математиците, които са колективни членове на Съюза на научните работници в България. На 17 октомври 1971 г. в София на извънредно общо събрание на Физико-математическото дружество, в присъствието на около 250 делегати от всички физико-математически секции в страната, е взето решение за закриване на общото Физико-математическото дружество и за учредяване на самостоятелни дружества на физиците и на математиците [2].

Важни дати

02.02.1898 – първа сбирка

29.03.1898 – Учредителен протокол

май 1899 – създадена е специална научна библиотека на дружеството

1899 – 1901 – Годишник на Физико-математическото дружество излизат 3 тома

1904 – 1949 – Списание на физико-математическото дружество

1934 – Регистрация във фирменото отделение на Софийския околийски съд

13.10.1950 – прекратена фирмена регистрация

1958 – 1993 – Физико-математическото списание

15.12.1960 – 17.10.1971 – възстановени са събранията на ФМД

17.10.1971 – създадено е Дружество на физиците след разделяне на ФМД

Литература

1. Юбилеен сборник на ФМД в София по случай 40 г. му юбилей, София (1939)
2. А. Ваврек, 90 години от създаването на БФМД, Годишник на ДФБ (1988), стр. 45-68

3. Г. Камишева, Честване 110 годишнината на ФМД, Светът на физиката, кн. 3, (2008), стр. 448-449
4. Протоколна книга 1905 – 1936
(http://www.math.bas.bg/~smb/prot_kniga_1905_1936)
5. Държавен архив София, фонд 3а, опис 1, а.е. 459
6. ИФТТ, Музей, ф. 52
7. Ч. Лозанов, 100 години Съюз на математиците в България, Математика и информатика (6) (1998), стр. 3-7
8. Ч. Лозанов, 110 години Физико-математическо дружество в България, Наука (6), (2008), стр. 74-76
9. Ч. Лозанов, 110 години ФМД в България, Математика и информатика (6) 6-13 (2008)
10. С. Додунеков, Съюзът на математиците в България – достоен наследник на българското ФМД, Математика и информатика (6) (2008), стр. 14-19
11. Годишник на Физико-математическото дружество в София, (1901)
12. Списание на Физико-математическото дружество в София, т. 1, (1904)

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 16 лв., за пенсионери и студенти – 8 лв.
Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

- Книжарница на БАН: София 1000, ул. „15 ноември“ 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5
- Книжарница „Нисим“, бул. „В. Левски“ 59
- Съюз на физиците в България, Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

Варна

- Народна астрономическа обсерватория и планетариум „Николай Коперник“, Приморски парк 4
-

СЪЮЗЪТ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ (СФБ) В ПЕРИОДА 1971-2018 Г.

Иван Лалов

Увод

Българското физико-математическо дружество (БФМД) е закрито през 1950 г. след 52-годишна дейност. Мотивите на ръководството на управляващата БКП се отнасят до разбирането за тотален контрол, който по-лесно се упражнява при редуцирани до минимум организации и дружества с политически и неполитически характер. Бившият зам.-министър на просветата от БКП, доцентът по методика на математиката П. Иванов, наричаше решението за закриване „съдебна грешка или недоразумение“. Всъщност това представява политическо действие.

Възстановител на БФМД е именно доц. П. Иванов след Априлския пленум от 1956 г. През 1958 г. се възобновява списанието на Дружеството, а през 1960 г. БФМД е регистрирано и провежда своите събирания и конференции.

През 60-те години на XX в. Дружеството развива активна дейност като наброява 39 секции и около 1600 члена. БФМД организира отчетно-изборни събрания на три години и годишни конференции в годините между събранията. Изнесени са около 200 доклада и лекции в периода 1967-69 г. Сключени са договори със сродни дружества от Чехословакия, Унгария, ГДР, Полша. Разширената дейност на БФМД показва колко необходима е тази обществена организация.

На 17.10.1971 г. Българското физико-математическо дружество проведе своето последно Общо събрание, на което бе взето решение за неговото разделяне на Дружество на математиците в България и Дружество на физиците в България (ДФБ). Същия ден двете дружества проведоха отделни събрания за избор на своите Централни ръководства. За председател на ДФБ бе избран акад. Христо Христов, който остана на този пост пет тригодишни мандата (до 1986 г.).

Инициатори на разделянето на две дружества бяха колегите – математици, водени от академиците Л. Илиев и Бл. Сендов. Съгласно образния стил на проф. Ал. Раев, математиците са решили, че не бива да продължава многогодишният брак на математиката с физиката (просъществувал столетия), а трябва да се премине към полигамен режим на математиката с много съпруги – биология, икономика и др., като се запазват и връзките с физиката (която

и досега си остава благословеното поле за изпитание на класически и модерни математически структури).

Отделянето на ДФБ бе прието от колегията на физиците с много опасения, че активността ще спадне поради раздялата с по-инициативните колеги – математици. Като член на ръководството на Софийския клон (1971 – 77 г.) и организационен секретар на ЦР на ДФБ (1977 – 83 г.), аз съм свидетел колко неоснователни се оказаха тези опасения. ДФБ пое своите специфични задачи, образованието по физика, в приложната физика, популяризацията и организирането на научни конференции по физика и др. и намери своето място в колегията и извън нея като професионална (но не синдикална) организация на физиците. От началото на промените ДФБ се превърна в Съюз на физиците в България (СФБ) с решение на редовното Общо събрание, взето на 25.11.1989 г. по предложение на акад. М. Матеев. СФБ запази своите връзки с МОН и други правителствени институции (Агенцията за ядрено регулиране, Министерството на околната среда и др.), но се разви като демократична и автономна обществена структура. За периода от 1987 г. досега силно се интензифицира нашата международна дейност, специално връзките с Балканския физически съюз (БФС – *BPU*) и Европейското физическо дружество (ЕФД – *EPS*).

Организационна дейност

През всичките години на своето самостоятелно съществуване СФБ спазваше принципите на демократичния избор на ръководните си органи и демократично управление на дейността. Разбира се, в периода 1971 – 89 г. работата на ДФБ се контролираше внимателно от органите на БКП, особено избора на председател, а вероятно, и на състава на ръководствата. Специфичното обществено поле на работа на ДФБ не налагаше пряка партийна намеса или пряко ръководство. През този период ДФБ получаваше държавна субсидия чрез СНР от около 4-5 хил. лв. за провеждане на дейността си и очевидно, на държавната политика.

ДФБ провеждаше редовно своите общи отчетно-изборни събрания (от 1991 г. – конгреси), на които бяха избрани следните председатели (след акад. Хр. Христов):

- 1986 – 89 г. акад. Милко Борисов
- 1989 – 92 г. проф. дфн Иван Златев
- 1992 – 2001 г. проф. дфн Иван Лалов (3 мандата)
- 2001 – 2010 г. акад. Матей Матеев (3 мандата)
- 2010 – досега акад. Александър Петров (3 мандата)

Ще отбележа важни събития в организационния живот на СФБ. През м. септември 1983 г. в София се проведе Конгрес на физиката, който включваше обща научна конференция с над 600 доклада в 9 секции, отчетно-изборна конференция на ДФБ, множество пленарни научни доклади и др. Целта на

Конгреса беше да се обърне внимание на българската общественост и на управляващите върху съдържанието, ролята и проблемите на българската физика и образованието по физика. Затова и Конгресът се проведе в тогавашния Партиен дом. Сегашната ми оценка е, че тази цел бе постигната в неголяма степен, тъй като ситуацията в българската физика след Конгреса остана непроменена.

Важни научни форуми на физиката в България бяха проведените основно от СФБ (със съдействието на други организации) Втори и Трети конгрес на физическите науки (2013 и 2016 г. в София). Такива научни събития – огледала за нивото на българската физика – трябва да се провеждат и в бъдеще.

През м. януари 1991 г. в София се проведе извънреден конгрес на СФБ, който промени Устава на СФБ в съответствие с новите обществени условия, при които Съюзът имаше самостоятелност и нови отговорности, но и самостоятелна грижа за своето финансиране. Автори на проекта за нов устав бяха доц. Христо Попов, доц. Иван Лалов и проф. Николай Мартинов.

От началото на 90-те години СФБ пое отговорностите и финансирането на нашето членуване в Европейското физическо дружество (дотогава член от България бе Комитетът по физика). Това разшири нашите връзки с европейските физици, но усложни финансовото положение на Съюза, останал без държавна помощ (освен вноските на МОН за ежегодните конференции за образованието по физика).

Организационните и финансови трудности на СФБ са общи и за другите сдружения на гражданското общество, в каквото естествено се превърна Съюзът през периода на промените – едно сдружение на съмишленици (и може би на ентузиасты), които работят за общественото благо и за професионалните интереси на членовете на СФБ

Дейност на СФБ по образованието по физика

Тази област е основна в работата на БФМД още от самото му основаване, а също и на СФБ в периода от 1971 г до сега. Погледът върху дейността на СФБ през последните десетилетия показва, че образованието по физика в средните училища и в университетите е наша най-важна грижа.

Националните конференции по обучението по физика се провеждат ежегодно и без прекъсване от 1973 г. (в Габрово) в различни градове, обикновено в окръжни и университетски центрове. Главен организатор на конференциите е СФБ съвместно с МОН, а в зависимост от тематиката – и други институции. Всяка конференция има своя основна тема, която в дадения период е най-актуална за преподаването на физиката. Най-често конференцията се провежда в две секции – за средно и висше образование, а от около 20 години има и младежка секция с доклади от ученици и студенти. Известна част от конференциите включват в програмата си изложби на демонстрационни и лабораторни уреди и постановки, направени от учители и ученици. По време

на няколко конференции в програмата бе отделяно специално време (от 2 или повече часа) за атрактивни демонстрации и техен главен „герой“ най-често е колегата проф. Драгия Иванов (от Пловдивския университет). В програмата на конференциите се включват и популярни лекции, като една от тях е посветена на Нобеловата награда по физика от предишната година. Националните конференции са време от три или четири дни на колегиални срещи и разговори, срещи с кметове и представители на местната власт, а понякога – с представители на МОН и др. организации. Националните конференции играят важна роля за активизиране на дейността на физиците в градовете и областите на провеждането на конференциите.

В организацията на конференциите и в цялата дейност на СФБ много важна бе работата на предишната секретарка на СФБ Снежана Йорданова.

В периода 1973 – 90 г. в конференциите участваха около 400 колеги, като командировките се финансираха от МОН по квоти за отделните окръзи. От 1991 г. националните конференции заприличаха на международните научни конференции и всеки участник има грижа за финансиране на командировката си със средства на организацията, в която работи, или със собствени средства. За съжаление това ограничи броя на участниците до 100-130 души. Особено се редуцира участието на учителите по физика. А именно към тях е основната насока на конференциите.

Редица други учебни въпроси са били и продължават да бъдат грижа на СФБ – съдържанието и качествата на учебниците, кандидат-студентският изпит за инженерните и други специалности, който през 1972 г. бе премахнат и това за десетилетия демотивира учениците да изучават физика. През 70-те и 80-те години на миналия век ДФБ непрекъснато настояваше за неговото възстановяване, което се осъществи за известно време в Техническия университет – София, като алтернативен изпит на изпита по математика. Сега грижа на СФБ е съдържанието, резултатите от зрелостните изпити по физика и силно намаленият брой зрелостници, които избират този изпит. Доколкото е възможно в рамките на академичната автономия и колегиалните взаимоотношения, СФБ през целия период от 1971 г. е поставял на обсъждане и излагал своите становища по хорариума и учебните планове преди всичко на нефизическите специалности, а също и на физическите специалности. От почти 15 години СФБ провежда, по инициатива на акад. Г. Близнаков съвместно с фондация „Св. Св. Кирил и Методий“, два конкурса сред българските учители по физика – за успехи при откриването на млади таланти и за създаване на подходяща учебна среда. Така най-добрите учители получават награда и стимул за своите професионални усилия. Тази важна и благородна работа по възпитание на първенци от олимпиадите по физика, за насочване към физиката, по създаване на училищни кабинети, които да заинтересуват учениците, е високо оценявана в колегията и извън нея.

Софийският клон на СФБ организира няколко ученически олимпиади по експерименти с участници от България, Македония, Босна и др.

Не е възможно в рамките на този доклад да се направи класификация на всички учебни въпроси, с които ДФБ и СФБ са се занимавали, изказвали становище, лобирали пред държавни институции. Резултатите от тези действия са променливи. Както досега, така и в бъдеще СФБ ще осигурява, от една страна, място и трибуна за обсъжданията и, от друга страна, обществен израз на гласа на колегията от специалисти по преподаването по физика.

Научни изследвания по физика

СФБ няма прерогативи да провежда или организира научни изследвания, което се прави от научните организации – университетите, БАН и др. Функциите на Съюза се изразяват в организирането на научни конференции, издаване на научни списания, осигуряване на международни контакти и т.н.

Вече споменах за Конгресите по физиката (1983, 2013 и 2016 г.). Преди това ДФБ бе главен организатор на Шеста национална конференция по физически науки (Видин, 1976 г.). ДФБ участваше като съорганизатор на редица специализирани национални конференции с международно участие – по спектроскопия, по акустоелектроника, оптика и др. В периода след 1990 г. научните прояви у нас бяха редуцирани, но СФБ има основна роля в организирането на две големи прояви: IV-та Генерална конференция на Балканския физически съюз (Велико Търново, 2000 г.) и предстоящата 10-та Генерална конференция на ВПУ, която ще се проведе през м. август 2018 г. в София. СФБ организира участието на българските физици във всички конференции и школи на ВПУ, като особено внимание заслужават участията в Генералните конференции на ВПУ, провеждани периодично през три години от 1991 г. (Солун). Любопитно е, че българското участие в Генералните конференции се измерваше с броя на автобусите, с които пътуваха българите (от 1 до 5).

От около 1993 – 94 г. СФБ има отговорност и за издаването на научното списание „*Bulgarian Journal of Physics*“. През 1991 г. списанието получи статут „Признато от EPS“, а финансирането се осигурява от БАН, Софийския университет и Фонд „Научни изследвания“. Негов главен редактор бе акад. М. Матеев, а след неговата смърт – проф. Н. Тончев. В рамките на СФБ се извършва финансово-счетоводната и др. дейности на списанието, а също – изплащането на хонорара на проф. Н. Тончев, което представлява доста тежък товар за бедните финанси на Съюза. Ще отбележим доброто качество на публикуваните статии и много приличното оформление, а също и редовното излизане на списанието, вкл. с трудове на конференции.

Приложна физика

Подпомагането и стимулирането на приложно-внедрителската дейност на физиците е друга важна насока в дейността на ДФБ и СФБ.

През 1974 и 1977 г. в Казанлък се проведеха конференциите „Физика – производство“ с основна цел да се изложат проблемите на производството и възможностите за внедряване на резултатите от изследванията по физика, а също – да се срещнат две големи групи физици – учени и приложници (позволявам си да припомня, че идеята за тези конференции бе изказана за пръв път пред ЦР на ДФБ през 1973 г. от автора на настоящия доклад). Като продължение на тези конференции през 80-те години на XX в. в Пловдив бяха организирани конференции на тема „Физика и електронизация“, а също конференции по „Физиката в химическата промишленост“ и 5 конференции „Физиката в селското стопанство“. Основен организатор на тези научно-приложни конференции бе ДФБ. Вероятно, освен чисто научната страна, тези конференции са имали и приложни резултати, които не е лесно да се експонират. Отново, като оценявам от позицията на сегашното време, не мога да кажа, че физиците – учени и приложници – извървяха своя път, за да се постигнат сериозни иновации в производството (въпреки някои успешни внедрявания). Самата социалистическа индустрия по-скоро преследваше количествени показатели и не беше заинтересована от бързо внедряване на научни резултати. Това обезсърчаваше нашите колеги-учени. Неслучайно тогавашният председател на БАН акад. А. Балевски беше заявил „Пътят към внедряването в България е пътят към инфаркта“. Смяната на собствеността през 90-те години намали още повече възможностите за приложна дейност. По това време СФБ полагаше усилия за подпомагане на тази дейност в области като метрология, медицинска физика, приложна оптика, енергетика, чрез осигуряване на консултантски услуги, с някои други дейности на двете фирми на Съюза и др. СФБ съдейства за развитие на иновационната дейност по 5, 6 и 7-ма Рамкови програми, а също и търсенето на перспективни наши малки и средни предприятия. От 2016 г. СФБ е национална представителна организация в *IUVISTA* (Международен съюз за вакуумни науки, технологии и приложения).

Международна дейност

В международен план СФБ все по-успешно изпълнява ролята на представителна организация на българските физици, особено след 1990 г.

До началото на промените основните международни връзки на ДФБ бяха със сродните организации от Източна Европа. С дружествата на физиците в Полша, Унгария, Чехословакия и ГДР (а в отделни години и с Румъния) имахме двустранни договори, които предвиждаха т.нар. безвалутен обмен на членове на дружествата. Това осигуряваше една важна възможност за взаимни посещения на научни конференции или научни визити. В Съветския съюз обществена организация на физиците имаше само в Литва, затова контактите бяха само чрез научни организации.

През 1987 г. в Букурещ, след няколкогодишни разговори (в които ДФБ не беше много активно), бе създаден Балканският физически съюз. От ДФБ в акта на подписването на Устава и Съглашението за създаване на *BPU* участва проф. Ив. Златев и ст.н.с. Хр. Чернев. *BPU* организира периодично своите Генерални конференции, а също и научни школи и конференции по специализирана тематика, балкански състезания за ученици и студенти и др. Периодът на 90-те години бе кризисен за *BPU*. Бързите промени в Европа и на Балканите, и особено разпадането на бивша Югославия, наложиха промяна на Устава на *BPU*, а също и определени корекции на взаимоотношенията в ръководните органи на *BPU*. Това изискваше многократни срещи на представителите на отделните национални дружества. Ролята на СФБ през всички етапи на преговорите бе конструктивна, с европейски стил (не с „балкански“) и единна позиция – за разлика от делегации от съседни страни, които проявяваха взаимоотношения на ревност и съперничество вътре в националните дружества на физиците и между дружествата от съседни страни. В Борда на *BPU* почти през цялото време са избирани наши колеги (акад. М. Матеев, проф. Н. Тончев, акад. А. Петров). СФБ излъчва двама председатели на *BPU*: през периода 2003 – 2006 г. проф. И. Лалов и настоящия председател акад. А. Петров (от 2015 г.) и организира две Генерални конференции на *BPU* – през 2000 г. във Велико Търново, и предстоящата през 2018 г. в София.

Особено продуктивно е нашето участие в Европейското физическо дружество, в което СФБ представя България от началото на 90-те години. С активната работа в *EPS* ние приобщаваме колегията на българските физици към събитията и активността на европейските колеги. Въпреки финансовите трудности ние се стараем да участваме в ежегодните срещи на Съвета на *EPS*, на които се прави преглед на дейността и се планира работата през следващите години. Четирима президенти на *EPS* гостуваха на българските физици: Де Вайер, Волфендейл (Великобритания) – на *BPU-4* във Велико Търново, няколко посещения на М. Дюклоа (Франция), вкл. на Конгреса на СФБ през 2001 г. и М. Хубер (Швейцария) – на 32-та Национална конференция в Благоевград (2004 г.). *EPS* няколкократно ни е оказвала финансова помощ при пътувания за участие в работата на Съвета на *EPS*, за издаване на сп. „Светът на физиката“, за участие на млади физици в европейски конференции и др., а също – финансово подпомагане на предстоящата конференция на *BPU*. Няколко години акад. А. Петров беше член на редакционната колегия на „*Europhysics News*“.

От многобройните активности на СФБ ще споменем участието ни в обявените от ООН и ЮНЕСКО „Световна година на физиката – 2005“ и „Международната година на светлината – 2015“. Патронажът на българските програми се осъществяваше от президентите Г. Първанов и Р. Плевнелиев. Про-

ведени бяха многобройни срещи, конференции, лекции, прояви по училищата, тържествена научна сесия в Аулата на Софийския университет (2005) и тържествени събрания в Големия салон на БАН (2015).

Все в същата посока на международни акции за популяризиране на физиката и другите природни науки е българското участие в програмите „Физика на сцената“ и „Наука на сцената“. Основни инициатори и реализатори на програмите са седем европейски научни организации (*CERN*, *ESA*, *ESO* и др.). Целта на тези проекти е да се покажат физиката, химията, биологията като интересни и привлекателни науки за младите хора, за ученици и учители, да ги приближат до научните знания чрез интересни демонстрации и театрални сценки и да привлекат част от тях в науката като кариера. Ние участвахме активно в международните и националните етапи на всяка от петте програми. Заклучителните национални събития в София, Варна (2 пъти), Плевен и Севлиево (6 пъти) се превърнаха в празници на науката с участие на няколко стотин млади хора и техните учители.

Ще отбележа активната работа на СФБ в организирането на изложби за научните постижения и организацията на европейските институти по термоядрен синтез и *CERN*.

С международната си дейност СФБ дава своя принос за приобщаване на българската наука към европейската, а на България – към Европейския съюз.

Популяризаторска и издателска дейност

Популяризацията на физиката и математиката е един от стимулите за създаване на БФМД. СФБ продължава тези традиции в различни форми и с различна интензивност. Научно-популярни лекции се изнасяха от изтъкнати български физици по покана на училища или окръжни клонове въз основа на теми, включени в лекторията на ЦР на ДФБ. Особено популярни лектори бяха проф. Ал. Раев и акад. Хр. Христов, изнесли десетки лекции. През 70-те и 80-те години на ХХ в. преди Националните конференции се провеждаха в градовете – домакини десетдневки на физиката с лекции и демонстрации за ученическата аудитория и гражданството. Пловдивският клон на ДФБ провеждаше активна и систематична работа с учениците, а се изнасяха лекции и за по-широка аудитория. Ще отбележа неуморната дейност на проф. Н. Балабанов и в лекциите, и в написването на много научно-популярни статии по физика, биографични книги за бележити физици и др. Тази дейност проф. Балабанов продължава и досега.

През 80-те години ДФБ положи сериозни усилия за създаване на Палатата на физиката в Казанлък по модела на Палатата на откритията в Париж и други научни музеи.

Ние сътрудничим с Националния политехнически музей – София. Това е място, където се провеждат фестивали на физиката, вкл. Софийските фести-

вали към програмите „Физика на сцената“, лекции и чествания (там бе отбелязана 25-годишнината на СФБ).

За популяризаторската дейност трябва да се отличи Софийският клон на СФБ, организирайки много лекции по физика, изложби и състезания, лектории. Особено активни деятели за каузата за популяризиране на физиката са незабравимата доц. А. Пеева, проф. Л. Вацкичев и неуморната П. Лазарова, която осигурява нашите връзки със Съюза на учените, с Националния политехнически музей, с Британския съвет и др. От много години Софийският клон провежда Юлски лекторат за учителите от София с лекции по актуални теми от физиката и нейното преподаване, за което заслужено признание отдаваме и на сегашния председател на Софийския клон проф. Т. Мишонов. Активни в популяризирането на физиката са клоновете във Варна, Силистра, Ямбол, Благоевград и др.

Важна роля за разпространението на научна информация играят изданията на СФБ. До 1990 год. ние издавахме ежегодно „Бюлетин на ДФБ“, като С. Ницолова преодоляваше сериозни бюрократични и материални пречки, които тогава препятстваха свободния печат. След промените СФБ издава едно великолепно списание „Светът на физиката“ с информации за научните постижения и проблеми, за историята на физиката и живота на физиците, за научния живот у нас, с новини за дейността на СФБ, с рубриката „Физика и метафизика“ и дори повести и пиеси, свързани с физиката. След известни трудности във функционирането на списанието сега то продължава своята мисия при главния редактор проф. С. Александрова.

Една друга страна, която не е свързана с популяризацията, но е близка до нея, е ролята на СФБ в културния живот на физиците. Най-добре тази страна се илюстрира от софийския „Клуб на физика“, който от повече от 20 години организира срещи на своите членове с интересни личности от нашите среди и извън колегията – художници, писатели, хуманитаристи, музиканти. Подобна дейност развиват и в много други клонове – в Пловдив, Варна, Силистра.

Проблеми и перспективи пред СФБ

Юбилейните чествания обикновено имат ролята на равносметка на изминатия път и подчертаване постиженията на институцията или организацията. Ние, физиците, се стараем да бъдем реалисти и често използваме такива трибуни, за да очертаем също своите проблеми и перспективи.

Ще започна с проблемите пред СФБ:

1. Основен проблем сега са финансите на Съюза, които периодично намаляват почти до нула и са пречка за разширяване на работата ни и за назначаване на финансирана от СФБ секретарка. Изразходването на финансите трябва да се рационализира.

2. Друг основен проблем е привличането като активни членове на млади колеги, които да приемат каузата на СФБ като обществен дълг.

3. Проблем за цялата колегия, следователно и за СФБ, е привличането на млади учители по физика с квалификация и хъс за работа

4. СФБ, като професионална организация на физиците трябва да участва ефективно в обсъждане проблемите на образованието по физика – средно и висше. В този смисъл е важна дискусиата за тематиката и формата на нашите ежегодни конференции по образованието по физика.

5. СФБ трябва да активизира своята дейност в областта на внедряването на иновации и връзките с инженерните науки и университети.

6. Проблем пред физиците и СФБ е привличането на млади учени и осигуряване на съответни заплати, условия на труд, апаратура.

7. Проблем е изясняването на статутите и финансите на списанията на СФБ и на тези, към които СФБ има отношение: „Светът на физиката“, *Bulgarian Journal of Physics*, електронното издание „Физика“.

Що се отнася до перспективите пред СФБ (или по-скоро до нашите мечти):

1. СФБ да бъде активен организатор на национални и международни научни събития.

2. СФБ да се превърне в място за дискусии по обществено значими теми на образованието, науката, енергетиката и др.

3. СФБ да бъде пълноправен и активен член на физическите организации в Европа и на Балканите (*EPS*, *BPU* и др.).

4. СФБ да бъде място за възпитание и привличане на младите хора към науката и образованието.

5. СФБ да бъде една от връзките между специалистите по природни науки, математика и хуманитарни науки.

Нямаме илюзии, че нашата работа ще бъде обляна само със слънчева светлина, но решаването на проблемите и реализирането на мечтите е важно не само за колегията от физици, а и за бъдещето на България.

ОБРАЗОВАНИЕТО ПО ФИЗИКА В БЪЛГАРСКОТО УЧИЛИЩЕ ПРЕЗ ВЪЗРАЖДАНЕТО ДО ПЪРВАТА ПОЛОВИНА НА XX ВЕК

Статията е докладвана на 46 Конференция по въпросите на обучението по физика, Плевен, 14-16 април 2018г.

Мая Гайдарова, Елена Масленкова, Ивелина Коцева

По исторически причини българското Възраждане изостава от европейското, което се отразява на грамотността и бита на населението. Изследванията показват, че за кратко време след Освобождението образованието в България, включително и по физика, достига европейското равнище. Една от причините е, че българинът приема за висша ценност доброто образование и насърчава децата си да го постигнат.

Знанията за природата в ранни източници

Още през X век средновековният български писател Йоан Екзарх отделя в книгата си „Шестоднев“, посветена на сътворението на света, четвърто слово „Небеса“, в което описва небесните светилища и явленията, свързани с тях, като пише например „...слънцето се затъмнява, когато луната застане както преграда...“ и други описания, което свидетелства, че се търсят обяснения на явленията като слънчевите и лунни затъмнения, движението на звездите и видимите тогава планети [1].

Знания за веществата в природата, както и описания на някои явления в атмосферата, се дават в раздел седми на Рибния буквар на Петър Берон, наречен *Физически сказания* [2], който е издаден през 1824 г. в Брашов и се преиздава до 1862 г. шест пъти. За него се говорело, че „ако го четеш от кора до кора, минаваш за учен“. В учебника има понятия като мъгла, облаци, сняг, градушка, сняг, пара. Обяснението за мълнията е, че „в облаците има особено вещество – електрика, което поражда гръмотевицата“.

Обучение по физика до Освобождението – от Найдено Геров до Иван Гюзелев

Историята на развитието на физиката през Възраждането е предимно история на обучението по физика, но трябва да споменем и *първата българска дисертация по физика* (теоретична метеорология), защитена от Димитър Мутев в Берлинския университет още през далечната 1842 г.

Като самостоятелен учебен предмет в училище физиката се въвежда в Сливен през 1825 г. от завършилия гръцка гимназия в Кидония, Мала Азия, сливенски учител Иван Селимски.

Влиянието на гръцкото просвещение върху образователното дело в България по това време продължава с Емануил Васкидович и създадените от него училища в Свищов и в Плевен, с преподаване на физика в прогимназиалните класове през периода от 1817 до 1846 г. Има запазен учебник по физика на гръцки от 1812 г., отпечатан във Виена от гърка Константинос Вардалахос, който е бил използван в прогимназиалния курс [3,4].

До Освобождението има издадени три непълни учебника по физика. Това са първата част на Найден Геровия „Извод от физика“ (1849), учебникът на Драган Манчов по „граматика, география, всеобща история, аритметика, геометрия и физика“ (1862) и „Геометрия праволинейна, тригонометрия и статика“ (1871) на Ж. Ф. Оливие, преведена от Нестор Марков [5,6].

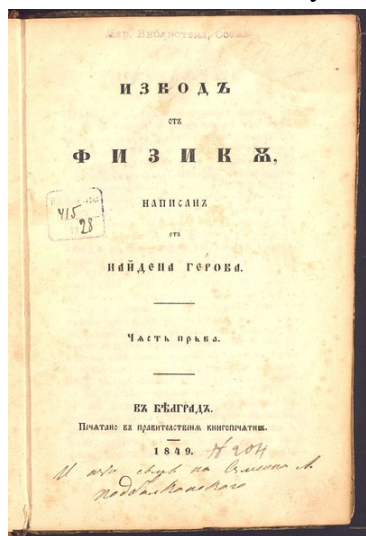
Гимназиалните учебници по физика, издадени на български език до 1878 г., са пет [5,9,15,16]. Това са пълните учебници по физика на Найден Геров (1849), А. Гано (1869), Д. Шуберт (1872), Иван Гюзелев (1874) и учебникът по астрономия, преведен през 1873 г. от Димитър Енчев. В тях са описани понятия, явления, закони и апарати от всички области на физиката. Но авторски са само два – първият – на Найден Геров и вторият – на Иван Гюзелев.

На 17 юни 1845 г. копривщенецът Найден Геров завършва с пълно отличие Ришельовския лицей в Одеса и за следващата учебна година е назначен за главен учител в общинското училище в Копривщица. Още в същата година към това училище той открива първия клас на класното училище, в което е записан и Йоаким Груев от Копривщица. Там се изучавали френски език, физика, алгебра и геометрия, кратка всеобща история, катехизис. Обучението по физика се правело по записки, написани от Найден Геров и помощникът му Христо Пулеков. Липсата на учебници по физика наложила търсения на такива по поръчка в одеските библиотеки, за което свидетелстват много бележки в личния архив на Геров. До началото на Кримската война Найден Геров учителства като главен учител в първото пълно класно училище (шест-класна гимназия) в Пловдив, след което пребивава в Русия и се връща в Пловдив като първи вицеконсул.

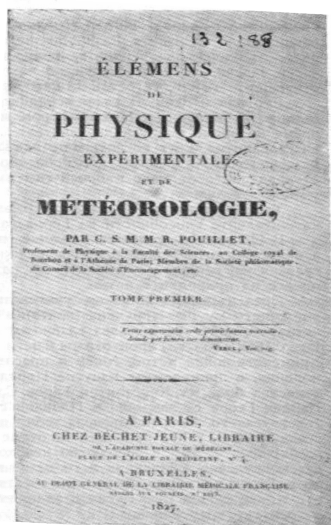
През 60-те години на XIX в. Мидхат паша, който е губернатор на Дунавския вилает, прави опит за създаване на единна турска нация с идеята за сливане на турските и българските училища. Поради противопоставяне на турското население от религиозни съображения, този проект пропада и така с Първия закон за образованието от 1869 г. за смесеното население се установяват отделни училища, като в българските (около 1500) непосредствено преди Освобождението, обучението се доближава повече до това в европейските училища и има светски характер [7].

Подготвителната работа по събиране на източници, превеждането им, написването и разпространението на първия български учебник по физика (Фигура 1), написан от Найден Геров, е колосална.

Има сведения [5,8,9,10], че Найдено Геров използва вероятно третото и четвъртото издание на учебника на Ленц, „Руководство к физике“, съставено за руските гимназии и издадено в Санкт Петербург през 1846 г. Ленц по това време е ръководител на създадения от Петър Велики в началото на XVIII в. Физически отдел към Петербургската академия на науките. Използван е и четиритомния учебник „Елементи на експерименталната физика и метеорология“ на френския физик Клод Пуийе от 1827 г. (Фигура 2), от когото заимства някои идеи за чертежи. Начинът на изложение на Ленц по структура и логика е близък до стила на учебника на Геров.



Фигура 1. Първият български учебник по физика



Фигура 2. Учебникът на Пуийе

Разглеждането на всеки нов въпрос се опира на по-рано дадени знания, от опити или от примери на всекидневния живот. Изложението на много въпроси завършва, като се посочва приложението им в практиката. Н. Геров практически въвежда на български почти всички наименования на понятията. Така инерция заменя със *самонедеятелност*, температурни градуси – със *стъпове на топлина*, калориметър – с *теплотомер*, въвежда и много други още „речи“, които не е имало в нашия език. Основание да се смята, че са използвани точно тези източници е фактът, че има някои съответни фигури в учебника на Геров и някои бележки от разписки за книговезки услуги, направени от книговезеца Петър Лазаревич в Белград през 1849 г., свързани с тези издания [9]. Там присъства и един том от физиката на Пинан (на френски език). Въведението в учебника е методическо ръководство за използването му.

Найден Геров поставя началото на една нова тенденция в своя учебник: „В тая книга ще се бележи всичко с френска мярка, грам или килограм“,

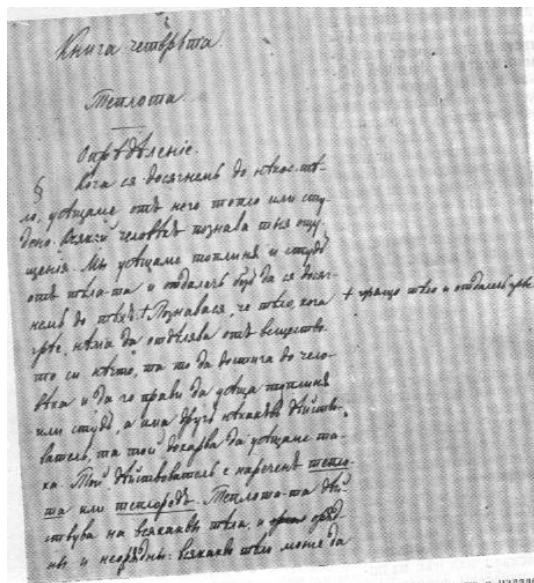
т.е. иска да се използва само една система и то най-добрата, а останалите да бъдат само за справка. В предговора към книгата [11] Найден Геров споменава за голямата трудност, която е имал при създаване на речник на физичните термини и понятия на български език. *„Във физиката, както и във всяка друга наука, има да са употребяват някои особени речи. Ми нямаме тях на нашия език, защото нямаме и сама науката. Някои от тези речи взех от руският език, защото ми ся виде, че идат добре и на български, а много измислих нови, колкото за сега, докле ся потвърдят някои от всеобщо употребление“*.

Найден Геров определя и предмета на физиката в предговора: *„В старо време с имя физика са се наричали всичките познания за естеството... На сегашно време физика наричат само оная част от пространната наука за естеството, която изразява свойствата в телата и показва как действуват телата едно на друго на разстояние без да се изменува техния вътрешен състав“*. А също *„Химията и физиката така са скачени една с друга, та не може да се говори за една от тях ясно без да се спомене другата“*. Той налага идеята, че в природата всичко е обяснимо, няма чудеса. Сред новите термини на понятията са *сгнетаемост, разпускаемост, пръгавина, колебка, количество движение, идростатика, налегание, къпани, куп, прилипане, скрита теплота, лучиста теплота, вместимост за теплота, луч, огнище, света, пределний угол, разложение света на бои, намагнитувание, земний магнетизм...* Навсякъде [11] Геров правдиво излага ограниченията в някои знания и определенията за тях, например: *„Какво нешто е теплота не може да ся каже, обаче това не ни бръка, за да ся познае какво действие произвои тя на телата...“* или *„До сега още не са познали какво нешто е светът, а изучили са доста добре явленията, които стават от него...“*. Първата част от учебника има следното съдържание: Въведение, 1-ва глава „Предварителни познания“, 2-а глава „Общи свойства в телата“, 3-та глава „Сили, движение и равновесие“, Книга 1 „Тяжест“, Книга 2 „Притяжение частично“, Книга 3 „За гласа или акустиката“.

„Извод от физиката“ – част втора (Фигура 3), чийто автор също е Н. Геров, не е издадена. Тя е продължение и завършек на първата част и обхваща въпросите от топлината, светлината, магнетизма и електричеството. Има сведения, че по обем тя е два пъти по-голяма от част първа [9,10]. В продължение на почти 20 години след изданието на Найден Геров няма опити за създаване на учебник по физика. Някои знания по астрономия и метеорология, свързани с физиката, се появяват в други учебници и списания по землеописание и география, например *Журналът за наука, занаят и търговия* на Иван Богоров.

Вторият учебник, който излиза, е преводът на първата част на „Опитна физика“ на А. Гано от френски език (Фигура 4), отпечатан през 1868 г. и

представлява сравнително пълен курс по опитна физика (612 страници и 368 фигури). Преводът е от Йоаким Груев – ученик на Н. Геров. Отпечатва се в книгопечатницата на Сомер във Виена. Втората част излиза през 1869 г. във Виена заедно с първата като едно книжно тяло. Това е първият пълен курс по физика след изданието на Найдено Геров [12]. Знанията от всички отдели на физиката се дават въз основа на много опити. За понятията „маса“ и „сила“ се въвеждат същите определения, както в учебника на Н. Геров. Понятията „работа“, „енергия“, както и законът за преобразуване и запазване на енергията, установен през 1842 г., не се срещат в този учебник.



Фигура 3. Ръкопис на част втора от „Извод от физиката“

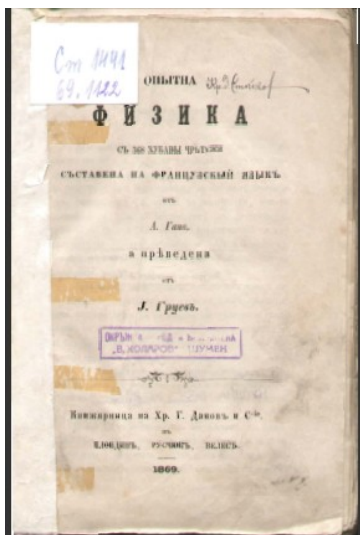
Учебникът на Геров, въпреки че е непълен, създава по-вярна и точна представа за много от явленията, например за първия принцип на Нютон:

„Телата, като са самонеделятелни от само себе си, всяка причина може да ги накара да преминат от състояние на покой в състояние на движение или наопаки от движение в покой...“ (Гано).

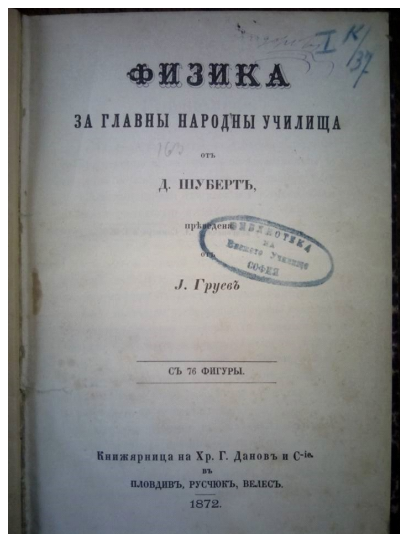
„Едно тяло от само себе си ни може ни да тръгне, ни да запре, а ако върви безпрестанно с движение равномерно и му се придаде сила, силата може да го подкара по друга посока или да му мени скоростта“ (Найден Геров).

През 1872 г. във Виена излиза от печат „Физика за главните училища“ от Джералд Шуберт [13], преведен от чешки от Й. Груев (Фигура 5). Учебникът е кратък курс по опитна физика (190 страници и 76 фигури). Съдържанието му по обем е по-малко, отколкото у Гано, изложението – по-повърхностно, но са застъпени накратко всички основни въпроси на физиката по онова вре-

ме. Няма буквени означения, нито формули. Понятията работа, енергия, механичен еквивалент на топлината, закон за запазване на енергията липсват и в този учебник. Няма и теоретични обяснения на явленията. Той е подходил за долните класове на училищата, където се е използвал и след Освобождението.

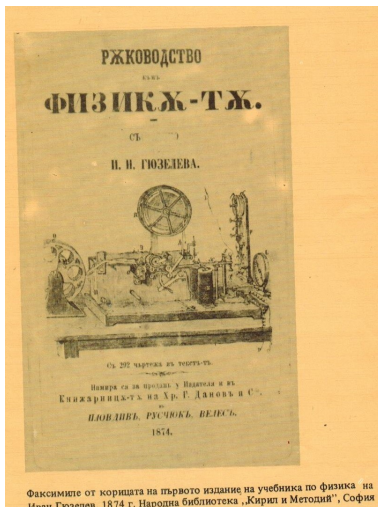


Фигура 4. *Опитна физика на Гано*



Фигура 5. *Учебникът на Шуберт*

Вторият написан български учебник по физика до Освобождението е от един българин, получил висшето си образование отново в Русия. Това е Иван Гюзелев (1844 – 1916), който разработва съвременен учебник за нуждите на габровската гимназия. Учебникът му [14] излиза от печат през 1874 г. в Прага (изд. Милитки и Новак) под заглавие „Ръководство към физиката“ (Фигура 6). Този учебник е пълен курс по опитна физика – съдържа 456 страници и 292 фигури, с много изчислителни задачи, дадени с решенията им. За съставянето му са използвани различни източници от руски и европейски автори, между които отново и книгите на руския физик Ем. Ленц (1804 – 1865), един от създателите на теоретичните основи на електротехниката. Много понятия, като маса, работа, енергия и др., както и известни по това време закони, не се дават в учебника в Ив. Гюзелев. Но учебникът продължава традицията на учебника на Н. Геров да дава повече обяснения, отколкото описания, да поставя в основите на физиката опита (създава първия кабинет по физика с уреди, закупени от Виена), въвежда също и първите закони и формули на езика на математиката. Дадени са много задачи за пресмятане на различни величини и значителен брой приложения на знанията по физика. Второто издание на учебника на Гюзелев се е използвало и при преподаване на физиката във Физико-математическия отдел на висшето училище в София [4,8,10].



Фигура 6. Учебникът на Иван Гюзелев

До Освобождението от всичките преведени учебници 37 са от руски език. При това, учебниците по физика, преведени от френски и чешки език, имат преводачи, които са или руски възпитаници, или русофили [1,15].

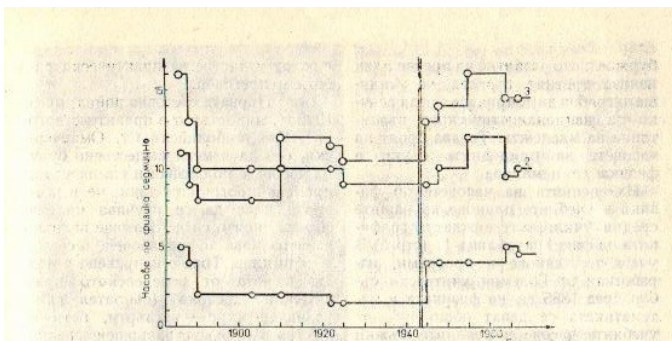
Обучението по физика след Освобождението до 40-те години на XX век

След Освобождението през 1880 г. Гюзелев става министър на народното просвещение и заедно с Иречек (секретар на министъра) съставят първите програми, след като променят структурата на училището, установена от Привременния устав за българските училища от 1878 г. – четири отделения, трикласно училище (прогимназия) и четирикласно училище (горен гимназиален курс, който бил класически или реален). Делът на обучението по математика и физика в реалните мъжки гимназии през 1885 г. достига 40% [16]. На големия учителски събор през същата година е взето решение в 3-то и 4-то отделение да се изучава естествознание, а физиката в долния и горен прогимназиален клас е 16 часа седмично (11 – в гимназията и 5 – в прогимназията) (Фигура 7, а и б). Гюзелев оспорва мнението на някои политици, че програмите са копирани от руските и по тая причина са неподходящи за България. За първи път открито се поставя въпросът дали трябва да се следва руския образец. Директорът на библиотеката Георги Кирков заявява, че не трябва да се следва, защото „Русия е взела своите програми от Прусия“. От този момент започва отделяне от руския модел в образованието и следването на западни образци [7]. До 1885 г. излизат учебници по физика както за долните класове, така и за горните – М. Бракалов, П. Жилков, Г. Томалевски, Г. Колев, Д. Беров, Л. Симидчиев [5], преводни учебници от Балфор Стюарт (професор в Манчестърския университет), чехът Лудвиг Лукаш, както и пре-

водни учебници от руски автори – П. Флоров, А. Малинин и К. Буренин [5,17]. След Първата световна война основни учебници по физика са на Кирил Сеизов и Стефан Козарев [16]. Тенденция в разпространението и използването на тези учебници е издаването на окръжно, с което се разпределят учебниците на различни автори по региони (Фигура 8). Много физични знания са се давали от математическата география, т.нар. космография – например изотерми, атмосферно налягане, барометри, ветрове, дъга, движения на Земята и планетите и др.

Учебни планове по физика от 1880 до 1965 г.

Класове сезон	5	6	7	8	9	10	11	12	общо
Класове по сезон	1	2	3	4	5	6	7	8	про- грамм общо
1880	47	47	47	—	—	3	3	4	9
1885	1	2	2	—	—	3	4	4	11
1890	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1895	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1900	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1905	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1910	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1915	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1920	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1925	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1930	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1935	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1940	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1945	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1950	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1955	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1960	—	2	2	—	—	3	4	4	11
1965	—	2	2	—	—	3	4	4	11



Фиг. 1
Крива 1 — общ брой на часовете по физика в седмичния учебен план на прогимназиите; крива 2 — общ брой на часовете по физика в седмичния учебен план на гимназиите; крива 3 — брой на часовете по физика в седмичния учебен план общо за прогимназиите и гимназиите

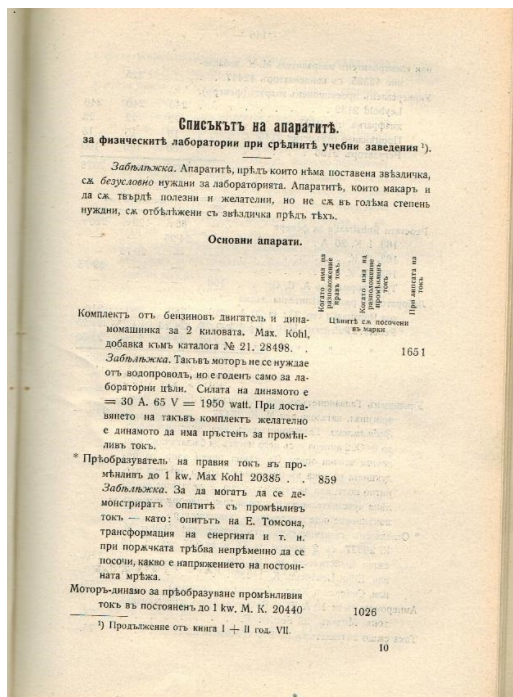
(б)

(а)

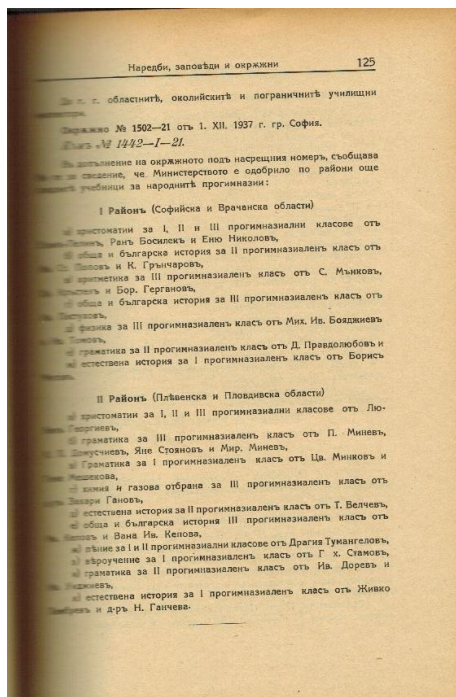
Фигура 7. (а) Учебни планове по физика в периода 1880 – 1965 г. (б) Промяна в броя часове за прогимназията, гимназията и общо

Създава се стандарт от Гюзелев за задължителните прибори и уреди за кабинетите по физика, които се създават, след като в училищата се въвеждат такси – 2/3 от приходите са за оборудване на учебна среда. Списъкът е бил доста обширен и вероятно неналичен в съвременното българско училище (Фигура 9). През 1921 г. се създава Физически практикум в 3-та Софийска мъжка гимназия от проф. Константин Иванов, в който са се обучавали учителите от Стажантския институт (една година след завършване на Висшето училище) [16].

Голям проблем след Освобождението е липсата на подготвени учители за съществуващите 1500 училища в България, образованите хора искат да заемат по-високо платените места в новосъздадената държавна администрация. Изпращат се със стипендии българи в чужбина, но идват и множество руснаци, чехи, словаки и немци. Въпреки това в елитните градски гимназии се е въвеждал изпит за заемане на учителско място по физика.



Фигура 8. Окръжно 15-02/1.12.1937г.
(Училищен преглед 2/38г.)



Фигура 9. Списък на апаратура по физика
(Физ. мат. д-во в София, 1925 г., 10, кн. 1)

Като методики са се използвали преводи от руски, френски и немски автори, повечето на руски или френски – например „Дидактика и методика физики в средней школе“ от Е. Гримзел, изд. Санкт Петербург, 1913 г. (превод от немски), Н. Дрентелън „Физические опыты в начальной школе“, Москва, 1913 г., където пише „...неизбежни са три изисквания за опита – простота, нагледност и ефтенция.“ (Сп. физико-матем. д-во в София, год. 9, 1915 г., кн. 5, 6, превод).

При прегледа на методическите списания (Училищен преглед, периодика (1911 – 1938 г.) и Списание на физ.-мат. д-во в София (под редакцията на П. Лафчиев), периодика (1910 – 1935 г.), прави впечатление съвременният поглед върху някои проблеми в обучението – самостоятелната работа на ученика по физика (самодетелност на ученика), вида на кабинета по физика (наредба на стаята за практически занятия), индивидуалната книжка на ученика (наречена сега портфолио), критики на учебните програми и учебниците по физика, научната метода в преподаването и др.

Обучението по физика е било приоритетно за българското общество, което след Освобождението започва да развива индустрия и строителство и, въпреки недоимъка и липса на подготвени учители, се е съизмервало в голя-

ма степен с европейските тенденции в обучението, повече, отколкото понастоящем.

Литература

1. Бъчварова Н., Природонаучните знания и книжнина през Българското възрождане, София, БАН (1982)
2. П. Берон, Рибен буквар, Юбилейно издание, Народна просвета, София (1964)
3. Камишева Г., Физиката в свищовското училище на Емануил Васкидович, Светът на физиката (3) 169-172 (1993).
4. Камишева Г., Из историята на физическите науки в България, Из историята на Българското книжовно дружество 1869-1911. изд. М. Дринов, С., 1994
5. Шурелова Я., Учебници и други книги по физика и астрономия, използвани у нас преди и след Освобождението, Физика 2/1979, продължение 3/1979
6. Камишева Г., Приносът на Нестор Марков в обучението по физика и математика, Светът на физиката, 3/2015
7. Пеев Г., Изграждане на българското образование в началото на Третата българска държава, изд. НБУ, 2005
8. Kamisheva G. Bulgarian physical and mathematical culture in 19 century. – Proceedings of Sixth International Conference of the Balkan Physical Union (BPU6) Istanbul, 2006, AIP Conference, Proceedings, No 899 (2007) 521-522
9. Борисов М., Ваврек А., Камишева Г., Предшественици на разпространението и развитието на физическите науки в България, Народна просвета, София (1985)
10. Борисов М., Ваврек А., Камишева Г., Основоположници на обучението по физика в България, С., Народна просвета, 1988
11. Найдено Геров, Извод от физиката, част първа, 1849, Белград, Правителствена книгопечатница
12. Гано А., Опитна физика, (прев. Йоаким Груев), Виена, книгопечатница Соммер, 1869
13. Шуберт Д., Физика за главни народни училища, (прев. Йоаким Груев), Виена, книгопечатница Соммер, 1872
14. Гюзелев И., Ръководство към физиката, Милитки и Новак, Прага, 1874 г.
15. Доросиев Л., Нашите класни, средни и специални училища преди Освобождението. – Материали за изучаване на учебното дело в България, кн. 1, МНП, София (1925)
16. Борисов М., Ваврек А., Кусев В., Главни етапи в историческото развитие на физиката в България, Физика 4/1981, продължение 5/1981
17. сп. Училищен преглед (периодика 11-38 г.)

РЕЗОЛЮЦИЯ

**от 46-ата Национална конференция по въпросите на обучението
по физика**

13 – 15 април 2018 г., Плевен

ИЗВОДИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Темата на конференцията „Европейски измерения на българското образование по физика“ бе посветена на равностойност за успехите и проблемите на средното и висшето образование по физика и астрономия. По време на конференцията бяха изнесени 2 публични лекции, 6 пленарни и 5 поканени доклада в две секции по средно и висше образование, 33 устни доклада, 16 постерни доклада. Бе проведена вече станалата традиционна заключителна дискусия за преподавателските и обучителни похвати при преподаването на физиката в средните училища. В рамките на конференцията се проведе и младежка сесия с представяне на отличените есета от Националния конкурс за ученици и студенти на тема „Великите физици на Европа“ и презентации на тема „Аз и физиката“.

Изводите и препоръките на конференцията са изложени тематично в следващите три раздела.

I. Средно образование

Преподаването по физика в средните училища има почти двученовна традиция в България. Като следва европейските традиции, курсът по физика преминава през различни етапи с цел да бъде ефективен, модерен и полезен. Преподаването в средните училища бе в центъра на вниманието на конференцията, за което допринесе и участието на зам.-министър Т. Михайлова.

Конференцията обръща внимание върху следните факти:

A. Относно намаляването на хорариума от учебни часове по физика и астрономия

Според Закона за предучилищно и училищно образование от 2016 г. общият брой на учебните часове за обучението по физика и астрономия става 6. За сравнение, в началото на XX в. броят на часовете по физика е два пъти по-голям.

B. Относно състоянието на кадровото осигуряване с учители по физика и астрономия и квалификацията на учителите

1. Намалява броят на учители по физика и астрономия поради пенсиониране. До 5 години ще се пенсионират 1031 (40%) учители по физика и астрономия от 2551 учители по физика и астрономия за цялата страна.

2. Тенденция на застаряване на учителите по физика и астрономия и малък брой млади учители – 151 (6%) учители на възраст до 35 години.

3. Много малък брой учители със специалност физика преподават по учебния предмет „Човекът и природата“ – 412 учители са със специалност физика от 2322 учители по „Човекът и природата“.

4. 58% (1483) от учителите по физика и астрономия са със специалност физика.

5. Слаб интерес към кариерно професионално-квалификационно развитие. 1030 (40%) от учителите по физика и астрономия притежават професионално-квалификационна степен, като 31 % от тях са с втора ПКС, придобита преди 1996 г.

6. Липса на индикатори за оценка на продължаващата квалификация на учителите. Министерството на образованието и науката (МОН) упражнява този контрол, но обучителните програми в регистъра на МОН са над 2500 и трудно може да се осъществи регулярен контрол. Висшите училища се контролират от акредитационни агенции, но все още няма ясни критерии и показатели за качеството на осъществяваните обучения.

В. Относно липсата на стандарт за учебна среда (кабинет по физика)

Такъв стандарт е създаден в началото на 20-ти век от министъра на просвещението Иван Гюзелев. Липсата на такава среда е пречка за изпълнение на очакваните резултати от учебните програми.

Г. Относно насочване на обучението по физика за усвояване на ключови компетентности като способности за решаване на проблеми

Това е подчертано в учебните програми, но учителите нямат ясни насоки и методически ръководства за обучение по усвояване на такива компетентности.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Увеличаване на хорариума учебни часове по физика и астрономия от общообразователната подготовка – от 6 на 8 учебни часа. Съответно в 7., 8., 9. и 10. клас физика и астрономия да се изучава по 2 учебни часа.

2. Да се настоява за създаване на стандарт за учебна среда за обучение по предметите „Човекът и природата“ и „Физика и астрономия“. Да се предвидят средства за закупуване на уреди и материали за физични експерименти.

3. За привличането на бъдещи учители по физика и астрономия, придобиването на учителска квалификация и създаване на привлекателни условия на труд, трябва да бъдат реализирани следните действия:

а) Квалификацията на учителите да се осъществява само от висши училища и научни институти. Това предполага по-лесно проследяване и контролиране на качеството на обучителните програми.

б) В нормативен документ да са разписани ясни критерии и показатели за качеството на обучителните програми.

в) Обучение на бъдещи учители с повече от 2 специалности.

г) Да се създадат привлекателни условия на труд за учителите по физика и астрономия с подкрепа от всички заинтересовани страни – родители, колеги, директори, експерти и ръководството на МОН – чрез осигуряване на:

- съвременна материално-техническа база на преподаването и привлекателна учебна среда;

- годишен хорариум на учителя, който да включва и времето за подготовка на лабораторни упражнения;

- да се обмисли намаляване на броя на учениците в паралелките;

- достойно заплащане на труда, подкрепа за личностното и кариерното развитие;

- редуциране на административните задължения на учителите.

д) Да се променят учебните програми във висшите училища и да се създадат квалификационни курсове за обучение на учителите по методи за усвояване на ключови компетентности, които са обект на оценяване от международните сравнителни изследвания.

II. Висше образование

Висшето образование по физика в Софийския университет съществува почти от времето на създаване на университета (1889 г.), като развитието на научните изследвания е особено успешно в периода между двете войни и през втората половина на миналия век. Конференцията в Плевен разгледа учебните планове и структурата на обучението по физика на бъдещите физици, инженери, медици и др. Националната конференция се обръща към деканските и ректорските ръководства и към ръководителите на катедри със следните изводи:

1. Подготовката на бъдещите физици се извършва в многобройни специалности за бакалаври и магистри в българските университети. Това контрастира с тенденциите в Европа да се приемат студенти в силно ограничен брой физически специалности.

2. Съществуват различия у нас и в Европа относно срока и целта на бакалавърското обучение. У нас то е 4 години с придобиване на определена специализация, докато в повечето европейски страни е тригодишно с ударение върху общата подготовка по физика и математика на бъдещите физици.

3. Във връзка с нуждите на средното образование броят на подготвяните в университетите учители по физика е крайно недостатъчен.

4. В техническите университети:

а) Във връзка с незадължителните приемни изпити по физика и математика, както и нееднаквите знания по физика от средното училище, е препоръчително да се предвидят изравнителни курсове през първия семестър на първата година, каквато практика съществува в много технически университети в ЕС.

б) Подготовката на добър специалист изисква специфични практически умения, чиято основа се изгражда на базата на придобити знания и умения по физика. Това налага в обучението по физика да има достатъчен хорариум за практически занятия. Предлага се увеличаване на сега съществуващия хорариум от средно 105 уч. часа в ТУ – София с около 15% за практически занятия.

III. Разширяване и подобряване на ефективността на популяризаторската работа на СФБ сред ученици, учители и обществеността

Националната конференция подчерта необходимостта на ученици, учители и широки обществени кръгове от информация за новите постижения и знания по физика. Естественото любопитство и несъмнената полза за културата на населението изискват разширяване на популяризаторската дейност на СФБ, за което предлагаме:

1 Да се възстанови лекторията към УС на СФБ, като темите се обявят широко сред клоновете на СФБ, училища, музеи и др.

2 Да се разшири тематиката и да се издигне нивото на популярните издания и списания по физика.

3 На конференциите по образование по физика да се предвиди един ден за новости в науката, който да бъде и квалификационен курс за учители.

МЛАДЕЖКА СЕСИЯ „АЗ И ФИЗИКАТА“, ПЛЕВЕН, 14 АПРИЛ 2018 Г.

Пенка Лазарова

По време на 46-ата Национална конференция по въпросите на обучението по физика (13 – 15 април 2018 г., Плевен) се проведе Младежка научна сесия на тема „АЗ И ФИЗИКАТА“.

В рамките на Младежката научна сесия за ученици и студенти, която се проведе на 14 април, бяха представени *компютърни презентации и интернет страници* с разработени теми по избор в областта на физиката, астрономията и връзката им с други области на науката; *идеи за компютърна анимация* за представяне на физични закони и явления и разработки на демонстрации в областта на физиката и астрономията, резултати от научни проекти. Участниците представиха устно в рамките на 10 минути тезите си пред жури, което подбра 2 от тях за представяне пред всички участници в конференцията. В Младежката сесия взеха участие 55 ученици с 27 проекти от 22 училища, 1 обсерватория и 1 Общински център от страната.

Журието на Младежката ученическа сесия в състав: проф. дтн Сашка Александрова – председател, и членове: проф. дфн Ана Георгиева, доц. д-р Вяра Хаджимитова, Екатерина Илиева – председател на местния Оркомитет, Милка Джиджова и Пенка Лазарова класира на първо място **Катарина Павловская** от 157 ГИЧЕ „Сесар Вайехо“, София, с проект „Историята на една любов през погледа на телескопа“ с научен ръководител Юлия Бързашка; на второ място – **Илко Симеонов** от МГ „Гео Милев“, Плевен, с проект „Електромагнитен двигател“ с научен ръководител Даниела Узунова, и на трето място – **Йоана Димитрова** от ПГПЗЕ „Захарий Стоянов“, Сливен, с проект „Съвременен поглед към физиката“ с научен ръководител Пенка Василева.

По време на Младежката научна сесия бяха обявени резултатите от *Националния конкурс за есе на ученици и студенти „Великите физици на Европа“*, посветен на българското председателство на Съвета на Европейския съюз, и представени някои от отличените есета. В конкурса взеха участие 105 ученици от 36 училища и 1 обсерватория. Журието с председател проф. д.ф.н. Никола Балабанов и специалното участие на доц. д-р Мариана Кънева, член на редколегията на сп. „Светът на физиката“, определи наградите в две възрастови групи, както следва: 6 – 8 кл. – 3 първи, 3 втори и 2 трети награди; 8 – 12 кл. 5 първи, 5 втори и 4 трети награди и 10 поощрения. В настоящия брой публикуваме есетата на класираните на **I-во място** в група 6 – 8 кл. на **Десислава Илиева** от СУ „П. К. Яворов“, Чирпан на тема

„Великите физици на Европа“ с научен ръководител Гергана Добрева и в група 8 – 12 кл. на **Еда Мехмедали** от ЕГ „Христо Ботев“, Кърджали, на тема „Мария Склодовска-Кюри – супергероят на науката“ с научен ръководител Здравка Дунгова.

В следващите броеве ще публикуваме и други есета.

Отпечатана е отделна брошура за Младежката научна сесия и Националния конкурс за есе „Великите физици на Европа“, в която са включени отличените с I, II и III награда есета в двете възрастови групи, някои от научните ученически разработки и научни статии на студенти, участвали в 46-тата Национална конференция по въпросите на обучението по физика в научните секции.

Всички училища с участници в Младежката научна сесия и отличени участници в конкурса за есе, както и студентите, участвали в конференцията, получиха *безплатен абонамент за списание „Светът на физиката“ за 2018 г.*

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

**СНИМКИТЕ И ФИГУРИТЕ СА ЦВЕТНИ В ОНЛАЙН
ВЕРСИЯТА НА СПИСАНИЕТО**

ВЕЛИКИТЕ ФИЗИЦИ НА ЕВРОПА

Десислава Илиева

Някога задавали ли сте си въпроси като: с каква честота бие човешкото сърце в покой, как се мерят различни по характер процеси – електромагнитни импулси, светлина, звук, морски вълни, изобщо всичко, свързано с пулсации.

Отговорът е един: в мерна единица „херц“, като името не идва от немската дума „*Herz*“ – сърце, а от фамилията на великия немски физик Хайнрих Херц.

Херц пренася вдъхновяващите електромагнитни импулси на откритията си от класическата физика на XIX в. направо в модерната физика на XX в. Роден е в Хамбург, в лютеранско семейство с еврейски корени, първото от петте деца. Семейството му иска да даде най-добро образование на децата си, а Хайнрих, освен че има изразен интерес към ученето и езиците, също така е талантлив рисувач и сръчен в изработването на инструменти.

Вероятно, тъй като може всичко, трудно му е да реши с какво конкретно иска да се занимава, за да бъде полезен на света. Херц притежава идеалистически вкус, който се изразява в безкрайно учене и изследване.

Той експериментира и доказва, че електрическият ток има маса, но тя е невероятно малка, толкова малка, че няма инструмент, който би могъл да я открие и измери. Това се потвърждава 18 години по-късно от Джоузеф Томсън, който открива електрона – носителят на електрическия ток. Тогава името му става известно сред физиците не само в Германия, но и в цяла Европа.

Хелмхолц подхвърля на студента Херц идея – да започне експерименти, свързани с теорията на Максвел за електромагнитните вълни, която до онзи момент е просто една хипотеза, неподкрепена с никакви практически доказателства. До великото откритие на живота му обаче минава много време, случват се много неща. Първо, Херц се мести в Карлсруе и на 28 години вече става професор. Среща любовта, създава семейство и има две дъщери. Тогава, сякаш готов и уверен, се захваща да изпълни препоръката на преподавателя си Хелмхолц.

Успехът му е в доказване на съществуването на електромагнитните вълни – фактът, че те се движат със скоростта на светлината, че се предават по въздуха и още много подобни важни факти.

Доказателствата му не само получават обявената от Берлинската академия награда по темата, но и привличат вниманието на физиците от цял свят. По този повод през 1891 г. английският математик и физик сър Оливър Хеви-

сайд казва: „До преди три години електромагнитните вълни не съществуват никъде. Сега те са навсякъде“.

Няколко години по-късно италианският физик Гулиелмо Маркони се сеща, че щом тези вълни се пренасят по въздуха, могат да пренасят и нещо друго, например – информация. И той се втурва да изобретява радиото.

На базата на откритието на Херц по-късно се разработват радарите, телевизията, мобилните телефони, сателитните връзки и още много от най-големите постижения на нашето време, които ежедневно ползваме, и без които сякаш не можем. Междувременно Херц, сякаш между другото, открива и нещото, наречено фотоелектричен ефект – отделянето на електрони от повърхността на дадено вещество при облъчването му със светлина. Това е фундаментално откритие, на което се базира цялата квантова физика. За разработката, която прави по темата, през 1921 г. Алберт Айнщайн получава Нобеловата награда за физика. За съжаление, Хайнрих Херц вече не е между живите... Някои биха го нарекли проста случайност, но аз бих го нарекла едни значими факти, открити от един велик физик, който е живял и е търсил своето място така, че да не бъде „безполезен на този свят“.

Не мога и да не си задам въпроса: ако Херц беше решил да стане архитект или инженер, кой, кога и дали изобщо щеше да открие всички тези неща от физиката...

Харесайте страницата на списанието във facebook

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

МАРИЯ СКЛОДОВСКА-КЮРИ – СУПЕРГЕРОЯТ НА НАУКАТА

Еда Мехмедали

Еда, днес учихме, че хората, които са се борили за свобода, са герои, но нали те не са наистина герои? Аз не мисля, че те са наистина герои, защото аз също се боря с домашните всеки ден, а днес като трябваше да препиша цял един абзац, за да мога да изляза да играя народна и да съм свободна, никой не ми каза, че съм герой! А за обяд имахме омлет, който приличаше на баница... – продължи малката ми сестра да изразява гласно възмущенията си от поредния ден в училище, докато аз, натоварена със седем килограмова-та ѝ раница, чантата ѝ със закуска, калъфа на цигулката ѝ, папката с нотите и друг сборник с ноти (за който съм сигурна, че имаше много логична причина да не бъде прибран в папката с останалите музикални принадлежности), се опитвах с четвъртата си ръка да достигна звънящия телефон в джоба си, а с петата да хвана тази на сестра ми преди да пресечем. Всъщност тогава и аз водех една ожесточена борба с времето по улиците на малкия сприхав град, защото, познайте какво – отново закъснявах, този път за нейния урок по цигулка. Поредните ѝ наивни и същевременно болезнено истинни думи обаче ми направиха силно впечатление и ме хвърлиха в дълбок размисъл върху смисъла на думата герой и съвременната, може би донякъде изкривена представа за героизма.

Нали знаете как в комиксите супергероите обикновено причиняват мащабна лабораторна експлозия, която ги облъчва с гама лъчи или мутират по друг подобен начин и получават своите суперсили, както стана с Хълк, Спайдърмен и радиоактивния паяк и още куп други нереални личности, които децата днес гледат в киното с възхищение? Е, за съжаление реалността на истинските герои съвсем не функционира като живота на супергероите зад екрана..., освен може би този на Мария Склодовска-Кюри.

Жената, спрегнала понятието радиоактивност; първата жена получила Нобелова награда; първият човек, отличен с Нобелова награда в две различни области; първата жена, четяща лекции в Сорбоната; първата жена, член на Френската медицинска академия; първата жена, приживе получила международно признание за каквото и да било в областта на науката; искряща перла в историята на химията и физиката... буквално. Госпожа Кюри е толкова невероятна, че блести не само с гениалния си ум, но и с всичките си радиоактивни вътрешни органи, а вие не можете да хвърлите поглед в дневника ѝ без предпазно облекло, нито да се докоснете до която и да е друга нейна

вещ, без да се заразите с блясъка на нейната радиоактивност. За мен лично последното важи в пълна сила не само в прекия смисъл на заразяване с радиоактивност, който науката химия влага, защото в личността на Мария Кюри откривам много повече от просто един брилянтен учен. Тя не е от онези тривиални супергерои с един вид суперсила, като повечето герои на „Марвъл“, тя е суперменът на науката; всъщност все още не е създаден художествен образ от женски пол, който да е по-опасен от Мария Склодовска-Кюри. Тя е супергений, суперпатриот, себеотрицателна, абсолютен работохолик, който изобщо не го е грижа какво говорят хората за него, и не последно място, е човекът, направил света едно много по-добро място. Освен това е напълно радиоактивна!

Началото ѝ, както при всеки друг супергерой, е скромно. Родена е като Мария Склодовска във Варшава, Полша през 1867 г., след като Австрия, Прусия и Руската империя решават да се обединят, за да нападнат Полша и да си я разделят на парчета като гореща пица. За нещастие, Варшава попада в частта, окупирана от Руската империя, а както знаем, „руската“ част на Полша е била ужасно място за живеене, особено за поляците. Все пак семейство Склодовски са уважавани в града и се справят сравнително добре, имайки предвид обстоятелствата. Патриотизмът на Мария Склодовска се заражда още в ранните ѝ години като част от семейното ѝ възпитание, тъй като семейството ѝ похарчва солидна сума пари в опити да изпъди руснаците от града си. Тези опити са безуспешни, а оставащото състояние не е достатъчно да изучат всичките си деца, но да бъдем честни – високообразованите жени не са особено търсени в този период от историята така или иначе. Въпреки това Мария сключва сделка със сестра си Броня, която също иска да учи в университет, да се издържат взаимно. Мария започва работа като гувернантка, за да поеме издръжката на сестра си. Случва се обаче така, че тя се влюбва в господаря си, чиито родители са строго против връзката им, защото в сравнение с тях Мари е доста бедна и след като Броня завършва Медицинския университет, Мари заминава за Франция, където среща физика и своя бъдещ съпруг Пиер Кюри. Те започват работа в собствена лаборатория и не след дълго кариерата ѝ на учен – супергерой, започва: тя решава да вземе докторска степен по химия, което от своя страна, е доста смело начинание, взето предвид, че тогавашният брой на жените – докторанти в Европа е равен на тогавашния брой на жените докторанти на Луната, но това няма никакво значение, защото никой не може да каже на Мария Склодовска какво да (не) прави! Докато се чуди, върху какво да напише дисертацията си, открива, че я влече темата за новооткритите от Анри Бекерел уранови лъчи. Едно от нещата, които Бекерел забелязва, е че когато газовете преминават през тези уранови лъчи, те изведнъж придобиват способността да провеждат електричен ток, но когато представя откритието си пред Академията на нау-

ките, учените не му обръщат голямо внимание. Мари, от друга страна, е зашеметена от тези нови лъчи и заедно с Пиер започва да „нищи“ Периодичната система в търсене на вещества, които те наричат радиоактивни. Не след дълго откриват съвсем нови елементи, които да добавят към Менделеевата таблица: полоний, кръстен на любимата ѝ Полша, и радий. Мари също стига до умопомрачаващото заключение, че радиоактивността не е някакво междумолекулно взаимодействие, а се излъчва от самия атом. Трудно е да се надценни революционността на това откритие и от концептуална гледна точка това наистина е най-големият принос на Мария Кюри към науката.

През следващите години Пиер и Мари усилено работят върху изследването на радиоактивността, междувременно им се раждат две дъщерички, а те са напълно разорени заради опитите си да изолират радий и едва оцеляват с парите от преподаването. Изразходват тонове радиоактивна токсична пехленда (уранит), за да изолират съвсем малко количество чист радий. Геройската им борба с радиоактивния живот обаче е успешна – през 1903 г. Мари успява да защити дисертацията си, а изпитната комисия решава че това е общо взето най-важното откритие, за което са чували. По-късно през същата година тя, Пиер и Бекерел получават Нобелова награда за физика за откриването на радиоактивността (всъщност наградата се предлага първо само на Пиер, тъй като е твърде странно жена да получи признание в сферата на науката, но Пиер отказва да приеме наградата, ако не я присъдят и на двама им).

С течение на годините чрез много неудачни експерименти (като например заливане на ръката на Пиер с уран) Пиер и Мари откриват, че радиацията не е от най-здравословните неща. Постоянно носят със себе си малки количества радий, може би като талисман. Мари държи стабилно количество от радиоактивните вещества до леглото си; всичките ѝ дрехи, мебели, книги, трябва до днес да се съхраняват в оловни контейнери, защото само те изолират радиацията достатъчно добре. За съжаление, през 1906 г. Пиер умира, прегазен от впрегнати коне. Тя открива радиоактивните елементи, но радиоактивността я убива бавно и вероятно е щяла да убие и съпруга ѝ, ако той не е бил вече мъртъв. Въпреки това Мари с геройско себеотрицание продължава да работи върху новите елементи и да изследва още по-задълбочено ефекта от радиоактивността върху човешкия организъм. Госпожа Супергерой полага основите на модерната лъчетерапия, като открива, че радиоактивните лъчи могат да убиват не само здрави клетки, но при правилни количества и насочване могат да бъдат използвани за унищожаване на туморни клетки, а ако не тя, то кой ще изолира чист радий за да спаси човечеството от бавна и мъчителна смърт? След като Пиер си отива, тя остава да се бори сама срещу света с двете си малки деца. Наследява поста му, с което става първата жена, изнасяща лекции в Сорбоната. Да бъде призната за жена-гений за онова време не е никак лесна задача, особено като се има предвид, че през целия си

живот е изправена срещу крехкото мъжко его на тогавашните световни учени, за повечето от които е пределно трудно да признаят успеха на една жена за по-значим от своя собствен. Това е отчасти причината, когато през 1911 г. ѝ се присъжда Нобелова награда за химия за откриването на радий и полоний, Нобеловият комитет да ѝ „препоръча“ да не приема наградата. Другата причина е наскоро разчулият се слух за любовната ѝ афера с един от учениците на Пиер, но това ще коментирам по-късно. И познайте какво прави нашият герой? Стъпва на подиума с гордо вдигната глава, приема наградата за постиженията си и заедно с предишните две (нейната и на Пиер) я разтапя, за да бъдат използвани за по-смислени цели.

Както няма супергерой, който може да седи със скръстени ръце, докато светът наоколо страда, така и Мари Склодовска-Кюри решава да замине за фронта, където едновременно да развива познанията по новооткритите елементи и да лекува тежко ранените на фронта войници. Френското правителство я награждава с Почетен медал. Мари живее много по-дълго от очакваното, имайки предвид че вероятно всеки неин орган пулсира с неоновозелена радиоактивност, и умира на 66-годишна възраст от левкемия, почти сигурно причинена от непрестанното ѝ излагане на гама лъчи. Децата ѝ следват примера ѝ и година след смъртта на Мари дъщеря ѝ, заедно със съпруга си, получават Нобелова награда за откриването на изкуствената радиация. Така семейство Кюри става семейството с най-много Нобелови награди. През 1995 г. останките ѝ са пренесени в Пантеона в Париж, където тя остава единствената жена, погребана заради собствени заслуги.

Да, кратката ѝ биография определено е впечатляваща, но всъщност никой не си представя колко е трудно за нея да постигне и най-малкото, когато целият свят първоначално по подразбиране я класифицира като „негоден за употреба учен“. Можете ли да си представите родителите ви да не се съгласят да ви помогнат със следването, само защото не сте мъж? Човекът, когото обичате (при това мъж), да откаже бъдеще с вас, само защото не вие, а родителите ви нямат необходимия статут в обществото? Да направите едно от най-полезните открития за човечеството, а за награда да бъде избран само съпругът ви, защото е нечувано жена да мисли самостоятелно? Да ви „препоръчат“ да не получавате наградата си заради слухове за връзка с женен човек, докато се кланят като на бог на мъже, твърде известни с неспособността си да останат верни в брака (Айнщайн)? Представяте ли си да бъркате казан, пълен с токсини, докато въртите къща, отглеждате две доста високообразовани деца и преподавате, за да избегнете гладната смърт? Няма нужда да си го представяте, Мария Склодовска-Кюри го е онагледила доста добре с живота си. Също така съм сигурна, че почти никой от нас не би се пратил доброволно на онова първобитно място бойното поле на най-кръвавата война в историята, за да лекува и без това обречените на смърт войници. Аз не крия въз-

хищението си от ума и научния успех на Мари Кюри, но много повече ме впечатляват упоритостта и силата на духа ѝ да се бори срещу всичко и всички, и все пак да не загуби вярата си в обществото, и да се опита да му помогне по-възможно най-себеотрицателния начин. Личността ѝ е толкова радиоактивна, че ме заразява с вдъхновение и мотивация чак от разстоянието на почти сто години и тя ще остане в съзнанието ми не само като учен за подражание, но и като пример за истински силен човек.

Нека проверим: супергений, себеотрицателен работохолик, способен да забие шут в лицето на сексизма и предразсъдъците, и напълно радиоактивна! Мария Склодовска-Кюри определено е най-опасният супергерой, за когото съм чувала (нищо, че е жена ☺), и освен всички други първи неща е и първата известна личност, чийто пример ме вдъхновява и ми дава кураж да следвам пътя си независимо от всичко, точно както прави тя.

Източници на информация (и вдъхновение):

https://de.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie

The Genius of Marie Curie – The Woman Who Lit Up The World [BBC]

SciShow Great Minds: Marie Curie

Деха Мехмедали – второкласник, който поставя героизма под въпрос

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

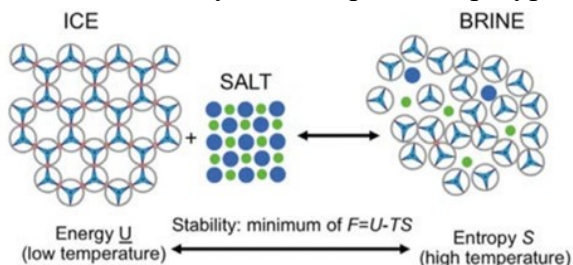
**НА НЕГО МОЖЕТЕ ДА ОТКРИЕТЕ ВСИЧКИ БРОЕВЕ НА
СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА ОТ 1991 Г. ДОСЕГА**

ВКУСЕН СЛАДОЛЕД: ЗАЩО СОЛТА РАЗТОПЯВА ЛЕДА?

Превод: Борислав Павлов

Зимно време хората разпръскват сол по улиците с цел да разтопят леда. Но какво всъщност се случва? Нима се повишава температурата?! Не, температурата не се повишава, а точно обратното – понижава се. Дори в някои популярни шоу програми този ефект се използва, за да се направи домашен сладолед [1]. В действителност получаването почти мигновено на сладолед с най-обикновено кухненско оборудване и без използването на течен азот е доста ефектно за зрителите. За съжаление, този ефект в последно време се използва и от неразумни хора в така нареченото „предизвикателство с лед и сол“, водещо при всички случаи до неприятни, а в някои случаи и до тежки последици [2]. Така че не пробвайте това предизвикателство!

Обяснението на този ефект не е съвсем тривиално [3]. Всъщност водните молекули и йоните от солта (натриеви или хлорни) предпочитат да бъдат разделени едни от други – така им е енергетично по-изгодно. И в действителност те са разделени едни от други при температури под -21°C . Това обезсмисля разпръскването на сол по улиците при температури под -21°C .



Фигура 1. Схематично представяне на смес от вода и солни йони [3]

Както може да се види на Фигура 1, хлорните и натриевите йони, бивайки заредени, се разполагат добре между водните молекули, които от своя страна, са полярни, но по този начин се нарушава подредената структура на леда и на солните кристали, което се случва и при размразяване. Т.е. тази смес е стабилна при висока температура, докато отделни кристали (лед и сол) са стабилни при ниска температура – под -21°C . Или по-общо казано, неподредените структури са стабилни при високи температури, а подредените – при ниски температури. Подредбата при ниска температура може да се обясни с енергетично по-изгодното състояние, но какво обяснява възникването на неподредените структури при по-високи температури?

Този въпрос ни насочва, че трябва да разгледаме ентропията S на системата. Както е известно от формулата на Болцман, $S = k_B \ln(W)$, където k_B е константата на Болцман, а W са възможните конфигурации на системата.



Фигура 2. Едномерен модел на възможните конфигурации при подредени (в ляво) и не подредени (в дясно) водни молекули и йони (хлорни и натриеви). Вижда се, че в случая на подредени структури (лед и кристална сол) има една възможна конфигурация, а при не подредени структури имаме много възможни конфигурации [3]

Като използваме прост едномерен модел (Фигура 2), можем да оценим разликата в броя конфигурации при подредени и не подредени структури. Ако разликата в енергията на подредените и не подредените структури е голяма, предпочитаното от системата състояние е подреденото, с изключение на случайни и локални флуктуации. Ако обаче разликата в енергиите на двете състояния не е голяма, то флуктуациите, които локално повишават енергията, се случват по-често. Когато подредеността бъде нарушена, тя се възстановява трудно, поради наличието на множество възможни конфигурации с близки енергии и само една подредена конфигурация.

Нека въведем така наречената свободна енергия F . За нея е в сила следното равенство: $F = U - TS$, където U е вътрешната енергия и T е температурата. Стабилността на системата се определя от минимума на свободната енергия F . От горната формула лесно може да се види, че при ниски температури основен принос към F има енергията, а при високи температури – ентропията. Когато се добави сол към леда при температури над -21°C , молекулите, чрез смесване помежду си, достигат до стабилна конфигурация. Това обаче изисква енергия, която е необходима за да се разкъсат водородните връзки в леда, а също и за да се разтвори солта. Моларната топлина на топенето на леда е $6,01 \text{ kJ/mol}$, а необходимата енергия за разтварянето на солта е $3,87 \text{ kJ/mol}$.

Любопитно е да се отбележи, че този ефект стои в основата на една от често използваните температурни скали, а именно скалата на Фаренхайт (*Daniel Gabriel Fahrenheit*). По времето на Фаренхайт (1686 – 1736), смес от соли, лед и вода позволявала получаването на най-ниска температура, без използването на специално оборудване. Затова нулата на скалата на Фаренхайт се дефинира като температурата на смес от лед, соли (амониев хлорид) и вода в равни части [4].

Литература

- [1] Steve Spangler, The Spangler Effect – Homemade Ice Cream, <https://www.youtube.com/watch?v=Y5XzhcDq5Bw>
- [2] Salt and ice challenge, http://en.wikipedia.org/wiki/Salt_and_ice_challenge
- [3] Franco Bagnoli, „Everyday physics: delicious ice cream, why does salt thaw ice?“, Europhysics news (2016), <http://dx.doi.org/10.1051/ePN/2016204>
- [4] The Fahrenheit scale <http://en.wikipedia.org/wiki/Fahrenheit>

РИЧАРД ФАЙНМАН – ЧАСТ 1

100 години от рождението му

Подбор и превод: Светослав Рашев



Ричард Филипс Файнман (11 май 1918 – 15 февруари 1988) е американски теоретичен физик, известен със своите работи върху формулировката на квантовата механика посредством интеграли по траектории, теорията на квантовата електродинамика и физиката на свръхфлуидността на свръхохладен течен хелий, както и във физиката на частиците, за която той е предложил партонния модел. За своите приноси към развитието на квантовата електродинамика Файнман, съвместно с Джулиън Швингър и Шинчиро Томонага, е получил Нобеловата награда по физика за 1965 г.

Файнман е разработил широко използваната изобразителна схема за представяне на математичните изрази, определящи поведението на субатомните частици, която по-късно станала известна като Файнманови диаграми. През своя живот той се е превърнал в един от най-известните учени в света. През 1999 г., според гласуване на 130 водещи физици от целия свят, организирано от британското списание *Physics World*, Файнман е бил класиран между десетте най-велики физици на всички времена.

Той е участвал в разработката на атомната бомба през Втората световна война и е станал широкоизвестен на обществеността през 1980-те години като член на Комисията Роджърс, която разследвала катастрофата на космическата совалка *Чалънджър* (*Challenger*). Освен за своята работа в областта на теоретичната физика, Файнман има признати заслуги за пионерни постижения в областта на квантовите компютри, както и за въвеждане на понятието нанотехнология. Той е заемал професорска позиция по теоретична физика на името на Ричард Ч. Толман в Калифорнийския технологичен институт.

Файнман е бил страстен популяризатор на физиката, както посредством своите книги, така и с лекциите, включително с неговата лекция от 1959 г. за нанотехнологиите, наречена „Има много място на дъното“ и тритомното издание на неговите лекции за студенти „Файнманови лекции по физика“. Файнман е известен и със своите полуавтобиографични книги „Вие сигурно се шегувате, г-н Файнман!“ и „Какво те интересува, какво си мислят другите хора?“ а също и с книгите, написани за него като „В Тува на всяка цена!“ (*Tuva or Bust!*) от Ралф Лейтън и "Гений: Животът и науката на Ричард Файнман" от Джеймс Глайк.

Ранни години

Ричард Филипс Файнман е роден на 11 май 1918 г. в Куинс, Ню Йорк, като дете на Люсил Филипс, домакиня, и Мелвил Артър Файнман, мениджър продажби, произхождащ от Минск в Беларус, която през тези години била част от Руската империя; и двамата били литовски евреи. Те не били религиозни и още от младостта си Файнман описва себе си като „откровен атеист“. Много години по-късно, в писмо до Тина Левитан, отклонявайки нейна молба за информация във връзка с книгата ѝ за евреите, носители на Нобелова награда, той заявил: „Да се подбират с цел аргументация специфичните елементи, които произлизат от предполагаемата еврейска наследственост, означава да се отвори вратата за всякакви глупости по расистката теория“, добавяйки, „на тринайсет години аз не само бях възприел други религиозни възгледи, но и бях спрял да вярвам, че еврейският народ е по някакъв начин „избраният народ“. По-късно през своя живот, по време на едно посещение на Еврейския теологичен семинар, той се срещнал с Талмуда за първи път и отбелязал, че там се съдържали обосновки от средновековен тип и че това била една прекрасна книга.



Къщата в Куинс

Също както и Алберт Айнщайн, и Едуард Телер, той проговорил късно и на третия си рожден ден едва казвал някои отделни думи. Като възрастен запазил Бруклинския си акцент. Този акцент бил дотолкова силен, че дори се възприемал като превземка и преструвка – до такава степен, че неговите добри приятели Волфганг Паули и Ханс Бете веднъж споделили, че Файнман говорел като скитник. Младият Файнман бил силно повлиян от баща си, който го поощрявал да задава всякакви въпроси, подлагащи на съмнение общоприетото мислене, и който винаги бил готов да го научи на нещо ново. От майка си той придобил чувството за хумор, което запазил през целия си живот. Като дете проявявал инженерен талант, създал експериментална лаборатория в дома си и с удоволствие поправял радиоапарати. Още когато бил в основното училище, конструирал домашна алармена система против крадци, докато родителите му били извън дома по работа.

Когато Ричард бил на пет години, майка му родила братче, Хенри Филипс, което починало след четири седмици – на 25 февруари 1924 г. Четири години по-късно била родена сестрата на Ричард, Джоуни, и семейството се преместило във Фар Рокуей, Куинс. Макар и с разлика от девет години, Джоун и Ричард били близки, понеже споделяли същото естествено любопитство към света. Майка им смятала, че жените не притежават необходимите умствени способности, за да вникват в подобни неща. Въпреки неодобрението на

майката за желанието на Джоун да учи астрономия, Ричард окуражавал сестра си да изследва Вселената. В крайна сметка Джоун станала астрофизик, специализиран в областта на взаимодействията между Земята и слънчевия вятър.

Образование

Файнман посещавал гимназията Фар Рокуел в Куинс, където също така са учили и Нобеловите лауреати Бъртън Рихтер и Барух Самюъл Блумбърг. Още щом постъпил в гимназията, Файнман бил бързо преместен в по-напреднала математична паралелка. Един рутинно проведен в гимназията тест за интелигентност оценил неговия коефициент на интелигентност (*IQ*) на 125 – висок, но „нищо изключително“ според неговия биограф Джеймс Глайк. Сестра му Джоун се справила по-добре, което ѝ дало основания да твърди, че тя е по-умната. Много години по-късно той отказал да се включи в *Mensa International*, казвайки, че неговият *IQ* бил твърде нисък. Физикът Стийв Су казал за теста:

„Допускам, че този тест е наблегнал повече на вербалните, отколкото на математичните способности. Файнман обаче получил най-високия резултат в САЩ и то далеч над всички останали, на прочутия със своята трудност Пътнамов математичен състезателен изпит... Той също така постигнал рекордно висок резултат на приемните студентски изпити в Принстън... Познавателните способности на Файнман може да са били малко едностранчиво деформирани... Спомням си, че веднъж разглеждах извадки от една тетрадка, в която Файнман си е водил записки в гимназията... там се съдържаха голям брой граматични грешки. Съмнявам се, че Файнман е обръщал голямо внимание на такива неща“.

Когато Файнман станал на 15 години, той сам започнал да изучава тригонометрия, висша алгебра, безкрайни редове, аналитична геометрия и диференциално и интегрално смятане. Преди да влезе в колежа, той вече експериментирал, разработвайки някои математични теми като например полупроизводната, използвайки свои собствени обозначения. Той изобретил специални символи за логаритъм, синус, косинус и тангенс, така че да не изглеждат като умножение на три променливи, както и за производната, за да се премахне изкушението да се съкратят двете *d*-та. Като член на Почетното общество Ариста, през последната година на гимназията той спечелил шампионата по математика на Ню Йоркския университет. Неговият начин на директно изразяване понякога озадачавал конвенционално мислещите хора; например един от неговите въпроси, когато изучавал котешката анатомия, бил: „Имате ли карта на котката?“ (имайки предвид анатомична схема).

Файнман кандидатствал за Колумбийския университет, но не бил приет, поради съществуващото ограничение за броя на приеманите еврейски студенти. Тогава той се записал в Масачузетския технологичен институт, където

се присъединил към Братството ФиБетаДелта. Въпреки че първоначално се задълбочил в математиката, по-късно преминал към електроинженерство, защото преценил, че математиката е твърде абстрактна наука. Забелязвайки, че „е отишъл твърде далеч“ в практиката, отново се преориентирал към физиката, за която твърдял, че е „някъде по средата“. Още като студент в долните курсове, той публикувал две статии във *Physical Review*. Едната, в съавторство с Мануел Валарта, била върху „Разсейването на космични лъчи от звездите в галактиката“.

Валарта въвел своя студент в тайните на съвместното публикуване между ръководител и протеже: името на старшия учен се поставяло на първо място. Файнман си отмъстил за това няколко години по-късно, когато Хайзенберг завършил своята книга върху космичните лъчи с фразата: „Такъв ефект не би трябвало да се очаква, според Валарта и Файнман“. Когато се срещнал с Валарта за първи път след това, Файнман весело го попитал, дали е видял книгата на Хайзенберг. Валарта бил видял книгата на Хайзенберг. И Валарта знаел, защо Файнман се подсмива. „Да – отговорил той – ти си последната дума в космичните лъчи“.

Другата публикация била по неговата дипломна работа, върху „Силите в молекулите“, основана на една идея на Джон Слетер, който бил достатъчно впечатлен от статията, за да я предложи за публикуване. Днес тя е известна като Теорема на Хелман-Файнман.

През 1939 г. Файнман получил бакалавърска степен и бил приет за член на Пътмановото общество. Той получил пълен сбор от точки на приемния изпит по физика за Университета Принстън – един безпрецедентен подвиг – и един изключителен сбор от точки по математика, но се представил зле по история и по английски. Ръководителят на департамента по физика в университета, Хенри Д. Смит, имал и други безпокойства, когато писал на Филип М. Морз, за да го попита: „Файнман евреин ли е? Ние тук нямаме категорична забрана срещу евреите, но бихме искали да поддържаме техния процент в нашия департамент на разумно ниско ниво“. Морз признал, че Файнман наистина е евреин, но успокоил Смит, че физиономията и маниерите на Файнман не показвали следи от тази характеристика.

Присъстващите на първия семинар на Файнман, който бил върху класическата версия на Абсорбционната теория на Файнман-Уийлър, включвали Алберт Айнщайн, Волфганг Паули и Джон фон Нойман. Паули направил далновидната забележка, че теорията щяла да бъде изключително трудна за квантуване, а Айнщайн казал, че този метод можело да се приложи и към гравитацията в Общата теория на относителността, което Сър Фред Хойл и Джеймънт Нарликар действително направили много по-късно, създавайки теорията на Хойл-Нарликар за гравитацията. Файнман получил докторска степен от Принстън през 1942 г., като ръководител на неговата докторска дисер-

тация бил Джон Арчибал Уийлър. В дисертацията е приложен принципът на стационарното действие към проблемите на квантовата механика, което е мотивирано от желанието за квантуване на абсорбционната теория на Файнман-Уийлър за електродинамиката, полагащо основите на формулировката на интегралите по траектории и на Файнмановите диаграми и тя е била озаглавена „Принцип на минималното действие в квантовата механика“. Основното прозрение в нея било, че позитроните се държат като електрони, които се движат назад във времето. Джеймс Глайк написал:

„Това беше Ричард Файнман, доближаващ върха на своята мощ. На двайсет и три... нямаше друг физик на Земята, който да се доближи до неговата безгранична степен на владееене на инструментите на теоретичната наука. Не става дума само за неговото перфектно боравене с математиката (макар че вече беше станало ясно... че математичният апарат, разкриващ се зад сътрудничеството Файнман-Уийлър беше извън възможностите на самия Уийлър). Файнман изглежда притежаваше страховита лекота при осъзнаване на физичната същност на уравненията, както Айнщайн на същата възраст, както и съветският физик Лев Ландау и като много малко други“.



Едно от условията на стипендията на Файнман в Принстън било, че той не можел да се ожени; но той продължавал да се среща със своята любима от гимназията Арлийн Грийнбаум и бил решен да се ожени за нея веднага след получаване на докторската си степен, макар да знаел, че тя е сериозно болна от туберкулоза. Това била една нелечима болест по това време и за нея се очаквало да живее най-много още две години. На 29 юни 1942 г. те се качили на ферибота до Стейтън Айлънд, където се оженили в

местната община. На церемонията не присъствали нито роднини, нито приятели, а свидетели били двама непознати. Файнман само могъл да целуне Арлийн по бузата. След церемонията той я завел в Болницата Бебора, където я посещавал през почивните дни.

Проектът „Манхатън“

През 1941 г., когато Втората световна война вече бушувала в Европа, но САЩ още не били влезли във войната, Файнман прекарал лятото в работа върху балистични проблеми в Арсенала Франкфорд в Пенсилвания. След като нападението на Пърл Харбър от Япония вкарало САЩ във войната, Файнман бил завербуван от Роберт Р. Уилсън, който работел върху възможностите за производство на обогатен уран и използването му в атомната бомба, което по-късно щяло да се превърне в част от проекта „Манхатън“. Групата на Уилсън в Принстън работела върху едно устройство, наречено изотрон, което щяло да разделя по електромагнитен способ уран 235 от уран 238. Това се

правело по съвсем различен начин от този, използван в калутрона, който бил разработван от групата, ръководена от бившия ръководител на Уилсън, Бр-нест О. Лоурънс, в Радиационната лаборатория на Калифорнийския университет. На хартия, изотронът би трябвало да бъде многократно по-ефикасен от калутрона, но Файнман и Пол Олъм се стараели да установят, дали той е и практичен. Накрая, по препоръка на Лоурънс, изотронният проект бил изос-тавен.

На този етап, в началото на 1943 г., Роберт Опенхаймер бил зает с организирането на Ла-бораторията „Лос Аламос“, секретна лабора-тория на отдалечена площадка в Ню Мексико, където щяла да бъде разработена и построена атомната бомба. Било направено предложение до групата от Принстън да преминат на рабо-та там. „Като отряд от професионални войни-ци – както по-късно Уилсън си спомня – ние подписахме колективно, за да отидем в Лос Аламос“. Както и много други млади физици, Файнман скоро се поддал на обаянието на ха-ризматичния Опенхаймер, който му телефо-нирал чак от Чикаго, за да го информира, че е намерил санаториум в Албакърки, Ню Мекси-ко, за Арлийн. Файнман и Арлийн били едни от първите, които заминали за Ню Мексико, вземайки влака на 28 март 1943 г. Администрацията на желез-ниците осигурила на Арлийн инвалиден стол, а Файнман платил допълни-телно за самостоятелна стая за нея.

В Лос Аламос Файнман бил разпределен да работи в теоретичния отдел на Ханс Бете и дотолкова впечатлил Бете, че той го направил ръководител на група. Той и Бете разработили формулата на Бете-Файнман за изчисляване на добива на една атомна бомба, въз основа на предишна работа на Роберт Сърбър. Като млад начинаещ физик, Файнман не заемал централна позиция в проекта. Той администрирал компютърната група в теоретичния отдел. За-едно със Стенли Френкел и Никълъс Метрополис той помагал да се утвърди система за използване на *IBM* перфорирани карти в изчисленията. Той изоб-ретил нов метод за изчисляване на алгоритми, който по-късно използвал в *Connection Machine*. Друга негова работа включвала пресмятания върху не-утронните уравнения за групата „Воден бойлер“ – малък ядрен реактор за определяне колко близо се намира един ансамбъл от дялящ се материал до критичната точка.

След завършване на своята работа Файнман бил изпратен в Клинтънови-те инженерни заводи в Оук Ридж, Тенеси, където били разположени инста-



Идентификационната карта
на Файнман за Лос Аламос
(Тополите)

лациите за обогатяване на уран по проекта Манхатън. Там той помагал на инженерите да създават безопасни процедури за съхраняване на материала, така че да бъдат избегнати критични инциденти, особено когато обогатеният уран влизал в контакт с водата, която действала като неутронен модератор. Той настоявал да им изнесе една лекция върху ядрената физика, така че те да могат да разберат опасността. Обяснил им, че макар произволно количество необогатен уран да може да се съхранява безопасно, с обогатения уран трябвало да се отнасят много внимателно. Разработил серия от инструкции за безопасност, валидни при различните степени на обогатяване. Било му казано от страна на ръководството, че ако хората в Оук Ридж му създават някакви трудности във връзка с предложенията му, той трябва да ги информира, че в такъв случай Лос Аламос не може да поеме отговорност за тяхната сигурност.



На колоквиума през 1946 г. върху Super в лабораторията на Лос Аламос. Файнман е на втория ред, четвърти от ляво, до Роберт Опенхаймер

След завръщането си в Лос Аламос Файнман бил натоварен да отговаря за групата, занимаваща се с теоретичната работа и пресмятанията по проекта за уранова хидридна бомба, който в края на краищата се оказал нереализуем. Той бил често търсен от физика Нилс Бор за дискусии помежду им. По-късно Файнман открил причината за това: повечето други физици изпитвали прекалено страхопочитание към Бор, за да си позволяват да спорят с него. Файнман нямал такива задръжки, затова енергично обръщал внимание на всяко нещо, което му се струвало невярно в съображенията на Бор. Той казвал, че изпитва не по-малко уважение към Бор от всеки друг, но щом някой заговарял с него за физика, той в такава степен се фокусирал върху проблема, че забравял за всякакви светски условия. Вероятно по тази причина обаче Бор никога не се сближил с Файнман.

Поради свръхсекретния характер на работата, Лос Аламоската лаборатория била поставена в изолация. Файнман се забавлявал, като се упражнявал да разкрива комбинациите за заключване на бюрата и чекмеджетата, където се съхранявали документи. Той открил, че хората често оставяли сейфове

си отключени или за заключване се задоволявали с фабричните кодове, или си записвали някъде комбинациите, или пък използвали лесно разпознаваеми комбинации като например дати. Файнман обичал да си прави шеги с колегите си. Веднъж открил комбинацията за един заключен шкаф с архиви, като пробвал числата за които смятал, че може да използва един физик (оказало се 27–18–28, като основата на естествения алгоритъм, $e = 2.71828...$) и открил, че и трите шкафа с архиви, където друг колега държал важни документи за изследванията по атомната бомба, имали една и съща комбинация. На такива места той оставял шеговити бележки, които първоначално накарали неговия колега Фредерик де Хофман да мисли, че някакъв шпионин или саботьор е получил достъп до тайните на атомната бомба.

Заплатата на Файнман била \$380 на месец – около половината от това, което му било нужно, за да покрие своите скромни всекидневни разходи, както и медицинските разноси на Арлийн. Останалото идвало от нейните спестявания, възлизащи на \$3300. През уикендите Файнман шофирал до Албакърки, за да се види със своята болна съпруга, с една кола, която вземал на заем от своя добър приятел Клаус Фукс. Попитан по-късно кой в Лос Аламос би могъл да бъде шпионин, Фукс отговорил, че Файнман с неговото разбиване на кодове и чести пътувания до Албакърки, е най-вероятният кандидат. Когато Фукс признал през 1950 г., че е бил шпионин на Съветския съюз, на тези твърдения било погледнато от друг ъгъл. По това време ФБР вече било събрало дебела папка със сведения за Файнман.



Файнман (в центъра) с Роберт Опенхаймер (вдясно) при едно социално събитие в Лос Аламоската лаборатория по време на проекта „Манхатън“

Веднъж, когато работел в компютърната стая, Файнман бил информиран, че Арлийн умира. Той веднага взел назаем колата на Фукс и отпътувал за Албакърки, където останал до леглото ѝ, докато тя починала на 16 юни 1944 г. След смъртта на жена си, той се потопил в работа върху Проекта и по-късно присъствал на ядрения тест Тринити. Файнман твърдял, че е единственият човек видял експлозията без предоставените много тъмни очила или маска на стоманолеяр, защото според него било безопасно да се гледа през предно-

то стъкло на камиона, което спирало вредното ултравиолетово лъчение. По време на взрива Файнман се навел към пода на камиона, поради огромната яркост на експлозията, където видял едно „кървавочервено петно“, в резултат на събитието.

Корнел

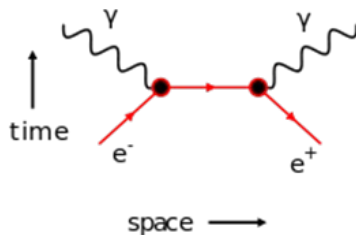
Файнман продължавал да поддържа едно назначение в Университета на Уискънсин-Медисън като асистент по физика, но бил в неплатен отпуск по време на участието си в проекта „Манхатън“. През 1945 г. той получил писмо от декана Марк Инграхам от Колежа по литература и науки, изискващо от него да се завърне в Университета и да преподава през предстоящата академична година. Тъй като той не се завърнал, неговото назначение било прекратено. По време на една лекция, която той изнесъл на същото място няколко години по-късно, Файнман отбелязал: „Много се радвам да се завърна пак в единствения университет, който прояви необходимия здрав разум да ме уволни“.

Още на 30 октомври 1943 г. Бете написал писмо до председателя на Физичния департамент на своя университет Корнел, за да препоръча Файнман да бъде назначен там. На 28 февруари 1944 г. това предложение било одобрено от Роберт Бачър, също от Корнел, и един от най-старшите учени в Лос Аламос. Това довело до официално предложение от страна на Университета през август 1944 г., което Файнман приел. Опенхаймер също се надявал да привлече Файнман в Калифорнийския университет, но ръководителят на Физичния департамент Реймонд Т. Бърдж не бил много склонен на това. Все пак той направил предложение през май 1945 г., което Файнман отказал. Университетът Корнел му предложил заплата от \$3900 годишно. Така Файнман станал един от първите ръководители на групи в Лос Аламос, които го напуснали, като отпътувал за Итака, Ню Йорк, през октомври 1945 г.

След като Файнман вече не работел в Лабораторията на Лос Аламос, той нямал имунитет срещу военната служба и бил повикан в армията през есента на 1946 г. Той обаче избегнал военната служба, като се престорил на слабоумен и от армията му издали документ 4-F за изключване по умствени причини. Както много скоро се оказало, това може и да не е било чак толкова далеч от истината: баща му починал неочаквано на 8 октомври 1946 г. и Файнман изпаднал в депресия. На 17 октомври 1946 г. той написал писмо на Арлийн, изразявайки своята дълбока любов и сърдечни страдания. Това писмо останало запечатано и било отворено едва след неговата смърт. Писмото завършвало така: „Моля те да ме извиниш, че не изпращам това писмо, но не зная новия ти адрес“.

Неспособен да се фокусира върху изследователските проблеми, Файнман се заел със странични физични задачи, без никаква конкретна цел, а просто за свое собствено удовлетворение. Една от тези задачи била анализирането

на физиката на въртящ се и нутиращ диск, който лети във въздуха; задачата била иницириана от един инцидент в кафетерията на Корнел, когато някой захвърлил една чиния във въздуха. Той прочел работата на Сър Роуън Хамилтън върху кватернионите и се опитал неуспешно да ги използва, за да формулира релативистка теория на електроните. Неговата работа през този период, която използвала уравненията на ротацията за изразяване на различните скорости на спининг, в края на краищата се оказала важна за по-късните му изследвания, които му донесли Нобеловата награда. Но тъй като той се чувствал вътрешно опустошен, а и бил отклонил своето внимание към отдалечени от непосредствената приложимост проблеми, бил наистина изненадан от получените предложения за професура от страна на няколко престижни университета, включително от Института за съвременни изследвания, от Университета на Калифорния в Лос Анджелис и от Университета на Калифорния, Бъркли.



Файнманова диаграма на електрон-позитронна аниhilация.

Файнман не бил единственият теоретичен физик в ранните следвоенни години, който бил объркан от състоянието на физиката по това време. Квантовата електродинамика страдала от безкрайните интегрални в пертурбационната теория. Това били очевидни математични дефекти в теорията, които Файнман и Уийлър неуспешно се били опитали да разрешат. „Теоретиците – както отбелязал Мъри Гел-Ман – били в немилост“. През юни 1947 г. водещи американски физици се срещнали на конференцията в Шелтър Айлънд. За Файнман това била „неговата първа голяма конференция с големи мъже ... Никога дотогава не бях ходил на такава конференция през мирно време“. Там се дискутирали проблемите на квантовата електродинамика, но теоретиците били напълно засенчени от постиженията на експериментаторите, които докладвали откриването на Ламбовското отместване, измерването на магнитния импулс на електрона и двумезонната хипотеза на Роберт Маршак.

Бете, следвайки работата на Ханс Крамерс, извел ренормализирано нерелативистко уравнение за Ламбовското отместване. Следващата крачка била да се създаде релативистка версия. Файнман смятал, че той би могъл да направи това, но когато свел своето решение до уравнението на Бете, се оказало, че то е разходящо. Файнман внимателно повторил изчисленията отново, прилагайки формулировката на интегралите по траектории, които бил използвал

в своята дисертация. Както и Бете, той направил интеграла краен, прилагайки отрязващия член. Сега резултатът съвпаднал с версията на Бете. Файнман представил тази работа пред колегите си на конференцията в Поконо, през 1948 г. Но нещата не се получили добре. Първо, Джулиън Швингер направил едно дълго изложение на работата си по квантова електродинамика и едва след това Файнман поднесъл своята версия, озаглавена „Алтернативна формулировка на квантовата електродинамика“. Непознатите Файнманови диаграми, използвани за първи път, объркали публиката. Файнман не успял да изясни добре идеята си и Пол Дирак, Едуард Телер и Нилс Бор изказали възражения.

За Фриймън Дайсън поне едно нещо било ясно: Синчиро Томонага, Швингер и Файнман разбирали това, за което говорят, дори и никой друг да не го разбирал, но не били публикували нищо засега. Нещо повече, той бил убеден, че формулировката на Файнман била по-лесна за разбиране и накрая успял да убеди Опенхаймер в това. Дайсън публикувал статия през 1949 г., която добавяла нови правила към тези на Файнман и обяснявала как може да се проведе ренормализацията. След доклада в Поконо Файнман решил да публикува своите идеи във *Physical Review* в серия от статии през следващите три години. В своята статия от 1948 г. върху „Релативистки отрязващ член за класическата електродинамика“ той се опитвал да обясни това, което не успял да формулира ясно в Поконо. Неговата статия от 1949 г. върху „Теорията на позитроните“ се отнасяла до уравнението на Шрьодингер и уравнението на Дирак и въвеждала това, което сега е известно под името Файнманов пропагатор. Накрая, в статиите си върху „Математична формулировка на квантовата теория на електромагнитното взаимодействие“ от 1950 г. и „Операторно изчисление с приложения в квантовата електродинамика“ от 1951 г., той развил математичната основа на своите идеи, извел известните формули и предложил нови.

Макар и статиите на другите автори първоначално да цитирали главно Швингер, през 1950 г. се появили много статии, които цитирали Файнман и използвали Файнмановите диаграми, които скоро станали преобладаващи. Студентите изучавали и използвали новия мощен инструмент, създаден от Файнман. Междувременно били създадени компютърни програми за пресмятане на Файнмановите диаграми, които представлявали средство с безпрецедентна мощ. Възможно било да се съставят такива програми, защото Файнмановите диаграми представлявали един формален език с формална граматика. Марк Кац предложил формално доказателство за валидността на сумирането по всички предходни пътища, показвайки, че параболичното частно диференциално уравнение може да бъде преформулирано като сума по различните предходни пътища (оператор на очакването), което сега е известно като формула на Файнман-Кац. Нейното използване се простира и извън фи-

зиката, към много приложения в стохастичните процеси. За Швингер Файнмановите диаграми си оставали педагогика, а не физика.

През 1949 г. Файнман вече се чувствал неспокоен в Корнел. Той така и не се установил в определена къща или апартамент, живеейки в къщи за гости или в студентски общежития, или при семейни приятели, докогато такива съжителства ставали неудобни и неприятни по интимни съображения. Той обичал да се среща с млади студентки, да наема проститутки и да преспива със съпругите на приятелите си. Освен това не му харесвало студеното зимно време в Итака и жадувал за един по-топъл климат. На всичкото отгоре, в Итака той винаги оставал в сянката на Ханс Бете. Въпреки това, в по-късните години Файнман с удоволствие си спомнял за Телурид Хаус, където живеял през известен период от пребиваването си в Корнел. В едно интервю той описал живеещите в къщата като: „група момчета, които били специално подбрани заради своята стипендия, заради своята интелигентност или каквото и да е там, за да им се предложи безплатно пребиваване и храна и т.н., поради техния ум“. Той бил доволен от удобствата на къщата и казал, че тук извършил фундаменталната работа, за която получил Нобеловата награда.

Литература

По материали в интернет.

RICHARD FEYNMAN PART 1

Selection and translation: **Svetoslav Rashev**

The first part of this paper presents a story of life and accomplishments of the Nobel Laureate Richard Feynman tracing the time from his childhood up to his school and university years, his first scientific activities and papers, the involvement in the Manhattan project, and his work at Cornell University as well.

ПРЕДСТАВЯНЕ НА КНИГАТА „ГРАВИТАЦИОННИ ЛЕЩИ“

автори Галин Гюлчев и Стойчо Язаджиев

Иван Стефанов

Книгата по гравитационни лещи с автори гл. ас. д-р Галин Гюлчев и проф. дфн Стойчо Язаджиев е значимо явление не само в българската научна литература, но и в световната, тъй като книгите, посветени специално на гравитационните лещи, са твърде малко. Тя излиза точно в подходящия момент – непосредствено преди едно дългоочаквано и значимо събитие, свързано с гравитационните лещи, а именно официалното публикуване на първия образ на черната дупка *Sagittarius A*, намираща се в центъра на нашата галактика, получен от телескопа *Event Horizon Telescope*. Какво очакваме да видим? Тъмно петно на светлия фон на акреционния диск, формиран в екваториалната равнина на черната дупка.



Защо получаването на този образ е от значение за съвременната астрофизика? Той ни дава нов подход за изучаването на черните дупки – чрез преки наблюдения. Получаването на очаквания образ би послужило като потвърждение на Общата теория на относителността. Размерът и формата на образа носят информация за физическите параметри на черната дупка като маса и момент на импулса. Наличието на тъмна материя или тъмна енергия би се отразило на структурата на черната дупка, а оттам и на силуета ѝ. Следователно характеристиките на образа ни позволяват да тестваме алтернативните теории на гравитацията. Това е от особено значение за съвременната фундаментална физика. Една от основните ѝ цели е създаването на теория за единното описание на четирите фундаментални взаимодействия. За тази цел е нужно подходящо, достоверно разширение на Общата теория на относителността.

Изложеният в книгата материал може да се раздели на три големи дяла. Първи дял, обхващащ първа и втора глава на книгата, представя основни понятия от Общата теория на относителността, нужни за разбирането на явле-

нието гравитационни лещи. Изложението започва с най-основни понятия като координати, мирова линия, метрика, вектори и тензори в изкривено пространство-време. Това прави книгата достъпна за студенти, които са преминали успешно трети курс и са овладели основните математични методи на физиката, както и дисциплините „Теоретична механика“ и „Електродинамика“. Особен акцент е поставен на симетриите на пространство-времето и произтичащите от тях запазващи се величини като пълна енергия, момент на импулса, интеграл на Картер, които определят вида на различните светлинни траектории и служат за тяхната класификация.

В този дял може да бъде намерено и описание на черните дупки на Шварцшилд и Кер, т.е. на статична и въртяща се черна дупка. Тук проличава стремежът на авторите да направят абстрактните идеи по-достъпни, по-разбираеми с помощта на фигури. Изкривеното пространство в близост до споменатите черни дупки е представено графично чрез апарата на изометричното влагане – тема, която не се среща в стандартните учебници по Обща теория на относителността.

Втори дял, глави 3 – 7, е посветен най-общо на теорията на гравитационните лещи. В книгата разпространението на светлина в изкривеното пространство-време на черните дупки се описва в приближение на геометричната оптика. Втори дял започва с условията, при които това приближение е изпълнено. Следва представяне на уравнението на гравитационната леща и основните характеристики на образите като брой, четност, увеличение и свързани с него каустики и критични криви, а също така и времезакъснението.

В глава 7 подробно е описан ефектът на гравитационната леща при големи отклонения на светлинните лъчи, тъй като в този случай се реализират и най-впечатляващите следствия като формирането на безкрайна серия от образи, наречени релативистични. Разгледани са много подробно двата основни случая, при които ролята на гравитационна леща играят статичната черната дупка на Шварцшилд и въртящата се черна дупка на Кер. И в двата случая разглеждането започва с описание на възможните светлинни траектории. Въведено е понятието фотонна сфера. Именно наличието на фотонна сфера прави възможно получаването на много повече от два образа на източниците на светлина. Тук е разгледан и ефектът на гравитационната леща, предизвикан от черната дупка, намираща се в центъра на нашата Галактика. Тя е най-близката до нас свръхмасивна черна дупка. Нейната огромна маса и сравнително близкото ѝ разстояние до нас я правят най-подходящия обект за наблюдение. Това обяснява и защо е насочен към нея *Event Horizon Telescope*. За да можем да извлечем информацията от образите, получени от него, трябва да се съсредоточим най-вече върху тази глава от книгата. Тук могат да бъдат намерени фигури с очакваните образи на сянката на черната дупка.

В тази глава се представят класически резултати от теорията на гравитационните лещи, но с множество авторови допълнения, които имат за цел да направят материала по-разбираем. За тази цел в книгата са включени множество фигури – около седемдесет, от които почти всички, с няколко изключения, са направени от авторите. Част от фигурите са стандартни, но други са по идея на авторите и не могат да бъдат открити в други учебници или научни статии. Тук е мястото да се отбележи, че фигурите са направени с голямо майсторство и внимание към детайла.

Трети дял съдържа авторски резултати. Разгледан е ефектът на гравитационната леща, предизвикан както от черни дупки, които са обобщения на черните дупки на Шварцшилд и Кер, така и от голи сингулярности. Общото между разглежданите обекти е, че те са предсказания на алтернативни теории на гравитацията, в които присъства допълнително фундаментално поле, т.е. допълнително фундаментално взаимодействие.

В заключение бих искал да кажа, че пред нас е една прекрасна книга. Ка-то имам предвид развитието на съвременната релативистична астрофизика, от една страна, и немалката група по гравитация и релативистична астрофизика, създадена от проф. Стойчо Язаджиев, от друга, мога да кажа, че очаквам темата за гравитационните лещи да привлича все повече млади и не само млади учени. Това от своя страна означава, че представената книга ще има много читатели. Най-искрено им го пожелавам!

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

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

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

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

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

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

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

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

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

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

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

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

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

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

3. **Бележките под линия** да не са оформени като footnote, а да са накрая на съответния материал.

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

5. **Използваната литература** трябва да съдържа литературни източници, които са достъпни за проверка.

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

Издаването на настоящия брой на списанието е с финансовата подкрепа на Фонд „Научни изследвания“ по проект „Българска научна периодика – 2017 г.“



**ФОНД
НАУЧНИ
ИЗСЛЕДВАНИЯ**

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. дтн, Технически университет, София;
Динко Динев – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;
Савчо С. Тинчев – проф. дфн, Институт по електроника, БАН;
Иван Стефанов – доц. д-р, Технически университет, София;
Катарина Павловская – 12 кл., 157 ГИЧЕ „Сесар Вайехо“, София;
Ганка Камишева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;
Иван Лалов – проф. дфн, Физически факултет, Софийски университет;
Мая Гайдарова – доц. д-р, Физически факултет, Софийски университет;
Елена Масленкова – докторант, Физически факултет, Софийски университет;
Ивелина Коцева – гл. ас. д-р, Физически факултет, Софийски университет;
Пенка Лазарова – Съюз на учените в България;
Десислава Илиева – 7 кл., СУ „П. К. Яворов“, Чирпан;
Еда Мехмедали – 12 кл., ЕГ „Христо Ботев“, Кърджали;
Борислав Павлов – доц. д-р, Физически факултет, Софийски университет;
Светослав Рашев – проф. дфн, Институт по физика на твърдото тяло, БАН.

РЕДАКЦИОННО

НАУКА

– Д. Динев – Когато кварките бяха свободни

– [С. С. Тинчев] – Въглеродна електроника (I част)

НАГРАДИ

– Академик Александър Г. Петров с орден „Св. св. Кирил и Методий“

– С. Александрова – Награда на Европейското физическо дружество на името на Еми Ньотер за жени във физиката, зима 2017

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– И. Стефанов – Черни дупки и експериментална проверка на Общата теория на относителността

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

– 120 години българско физико-математическо дружество

– К. Павловская – Кои са великите физици на Европа

ИСТОРИЯ

– Г. Камешева – 120 години СФБ. Съюзна дейност 1898-1950

– И. Лалов – СФБ в периода 1971-2018

– М. Гайдарова, Е. Масленкова, И. Коцева – Образованието по физика в българското училище през Възраждането до първата половина на XX век

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– Резолюция на 46-ата конференция по обучението по физика

МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ

– П. Лазарова – Младежка сесия „Аз и Физиката“, Плевен, 14 април 2018 г.

– Д. Илиева – Великите физици на Европа

– Е. Мехмедали – Мария Склодовска-Кюри – супергероят на науката

ФИЗИКАТА ОКОЛО НАС

– Б. Павлов – Вкусен сладолед: защо солта разтопява леда?

PERSONALIA

– С. Рашев – Ричард Файнман (Част I)

КНИГОПИС

– И. Стефанов – Представяне на книгата „Гравитационни лещи“

EDITORIAL.....101

SCIENCE

– D. Dinev – When quarks were free106

– [S. S. Tinchev] – Carbon-based electronics (I part)114

AWARDS

– Academician A. G. Petrov awarded the Order of Sts. Cyril and Methodius.....128

– S. Aleksandrova – EPS Emmy Noether Distinction, winter 2017.....130

SCIENCE AND SOCIETY

– I. Stefanov – Black holes and experimental verification of the General theory of relativity133

UNION LIFE

– 120 years of the Bulgarian Physical-Mathematical Society147

– K. Pavlovskaya – Who are the great European physicists152

HISTORY

– G. Kamisheva – 120 years of the UPB. Union activity 1898-1950154

– I. Lalov – The UPB in the period 1971 – 2018160

– M. Gaydarova, E. Maslenkova, I. Kotseva – The education in physics in Bulgarian schools from the Renaissance until the second half of the 20th century170

PHYSICS AND TEACHING

– Resolution of the 46th Conference on physics education180

YOUNG RESEARCHERS

– P. Lazarova – Youth session “Physics and me”, Pleven, April 14th, 2018184

– D. Ilieva – The great European physicists ...186

– E. Mehmedali – Marie Sklodowska-Curie - superhero of science188

PHYSICS AROUND US

– B. Pavlov – Delicious ice cream: why does salt thaw ice?193

PERSONALIA

– S. Rashev – Richard Feynman (Part I)195

BIBLIOGRAPHY

– I. Stefanov – Presentation of the book “Gravitational lenses”207