



СЪЮЗ
НА ФИЗИЦИТЕ
В БЪЛГАРИЯ

1'19

СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ
СВЕТЪТ

НА

ФИЗИКАТА



С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XLII, кн. 1, 2019 г.

Издание на Съюза на физиците в България

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

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Сашка Александрова

ЗАМЕСТНИК-ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Ана Георгиева, Мариана Кънева

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Пенка Лазарова

ЧЛЕНОВЕ

Никола Балабанов, Иван Лалов,
Евгени Попов, Радостина
Камбурова, Борислав Павлов,
Светлен Тончев, Игорь
Масляницын, Лилия Атанасова

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

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

ВОДЕЩ БРОЯ: Сашка Александрова

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Sashka Alexandrova

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Ana Georgieva, Mariana Kuneva

EXECUTIVE SECRETARY

Penka Lazarova

MEMBERS

Nicola Balabanov, Ivan Lalov,
Evgeni Popov, Radostina
Kamburova, Borislav Pavlov,
Svetlen Tonchev, Igor
Maslyanitsin, Liliya Atanasova

EDITORIAL COUNCIL

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

VOLUME EDITOR: Sashka Alexandrova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

Бул. „Джеймс Баучер“ №5,
1164 София

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,
1164 Sofia

☎ 02 862 76 60

E-mail: worldofphysics@abv.bg

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861-4210

РЕДАКЦИОННО

В развитието на физиката, както и на всяка наука, се наблюдават периоди на сравнително монотонно натрупване на факти, данни, обсъждане на проблеми, поява на хипотези и доказателства. После настъпва време, когато старите представи вече не работят, възникват нови идеи и смяна на парадигмите. Една от големите промени в началото на XX век е резултат от хипотезата на Макс Планк за излъчването на енергията от нагретите тела на дискретни порции – кванти. Това е началото на голямото приключение „квантова физика“, което определя физиката за необозримо дълго време напред, продължаващо и днес, и напред в бъдещето.

Понастоящем никой не се съмнява в значението на научните изследвания и иновациите на базата на физичните знания за развитието на цивилизацията. В последния за 2018 г. брой списанието *EuroPhysics News* на Европейското физично дружество (*EuroPhysics News* 49/5&6) Кристоф Росел (*Christophe Rossel*) и Маркус Нордберг (*Markus Nordberg*) анонсираха 6 статии, обединени като „Физиката и нейните актуални и бъдещи приложения“, по теми, в които физиката ще продължи да допринася за развитието на нови технологии и приложения. Авторите предупреждават, че изборът им със сигурност не обхваща целия спектър от научни изследвания, но има за цел да даде на читателя представа за актуалните важни посоки на развитие.

Съвременното общество е изправено пред големи предизвикателства като глобалния растеж на населението и изменението на климата и това прави особено важна ролята на физичното материалознание. Обсъжда се въпросът за необходимостта от тясно сътрудничество на учените и урбанистите за проектиране на материали за интелигентни и енергийно ефективни домове. Научните изследвания върху новите материали могат да осигурят решения за намаляване на въглеродните емисии и за ниска консумация в енергетиката, транспорта, битовата електроника или здравеопазването.

В статия, озаглавена „От класическата оптика до нанофотониката“, е показано как развитието на микро- и наноелектрониката позволява да се контролират както спектралните, така и пространствените свойства на светлината чрез използване на материали на базата на 2D или 3D структури. Последните постижения в тази област имат съществено въздействие върху новите информационни и комуникационни техники и технологии.

Друга важна тема засяга полупроводниковата индустрия, която претърпява промяна в парадигмата. В продължение на много години микроелектрониката ставаше все по-ефективна благодарение на напредъка в проектирането и производството на основните компоненти. Но днес самото скалиране (*scaling*) не може да поддържа нарастващите нужди на мобилните приложе-

ния, силовата електроника, приложенията в автомобилната индустрия и в здравеопазването. Ще са необходими иновации, включително нови концепции за устройства, нови материали и архитектури на системно ниво с интегрални функции. Работи се и по нови невроморфни компютърни архитектури, където паметта и процесорът са близко разположени и работят по подобен начин на синаптичните и невронните функции на мозъка.

Актуална е и темата за изкуствения интелект и драматичните пробиви през последните десет години и бъдещото въздействие върху различни сектори на човешката дейност. Обсъжда се вероятността технологиите на базата на изкуствения интелект да променят напълно много аспекти на обществото. Дали можем обаче да говорим за „интелект“?

Други нови области в науката са квантовите компютри, квантовата комуникация, квантовата симулация и квантовите измервания и метрология. Очаква се европейската инициатива *Quantum Flagship*, която е с 10-годишен срок и финансиране от 1 милиард евро, да доведе квантовите технологии от лабораторията на пазара. Представена е историята на тази инициатива, управлението ѝ и старта на първите изследователски проекти.

Разгледан е и важният принос на физиката на елементарните частици в здравеопазването след откриването на рентгеновите лъчи и радиоактивността и появата на радиационната медицина. Понастоящем най-съвременните техники, използващи ускорители на частици, детектори и изчислителна техника, се използват рутинно в клиничната практика и за широкообхватни медицински и биомедицински изследвания.

По някои от тези теми, като например квантовите компютри, ускорителите на частици, медицински приложения и др., в списанието „Светът на физиката“ вече бяха публикувани интересни материали. Други от тези теми са предмет на статии в настоящия брой, както и в следващи броеве.

Интересна новост, на която е посветена статия в настоящия брой на списанието, са приетите нови дефиниции на някои от основните физични величини от Международната система СИ, които трябва да се базират на фиксирани стойности на фундаменталните физични константи като скоростта на светлината във вакуум, константата на Планк, заряда на електрона, константата на Болцман и константата на Авогадро.

Сашка Александрова

главен редактор на „Светът на физиката“

ПЪТУВАНЕ ВЪВ ВРЕМЕТО

Част 2, продължение от брой 4/2018

Станислав Божков

Опасни срещи с Общата теория на относителността

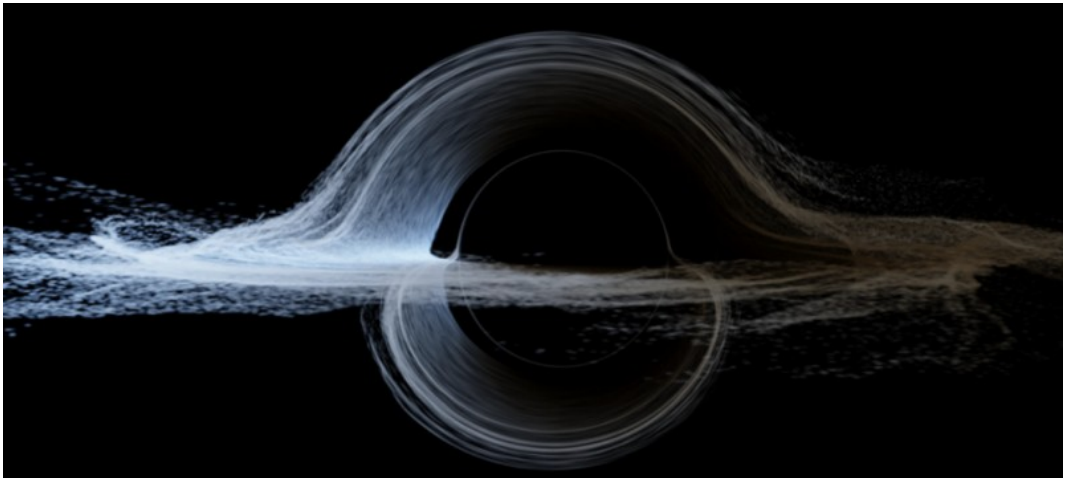
В предходния подраздел се ограничавахме само до инерциални отправни системи, в които действа първият закон на Нютон, и при отсъствие на външна сила всяко тяло запазва състояние на покой или равномерно праволинейно движение. Какво би станало, ако отправната система се ускорява? Специалната теория на относителността (СТО) не отговаря директно на този въпрос. Въпреки това бихме могли да мислим за ускорението като разделим движението на много малки интервали, в които движението е приблизително равномерно. Във всеки такъв интервал СТО предсказва разтягане на времето и следователно, ако сумираме всички интервали, бихме получили сходен ефект на забавяне на времето в ускоряващата се координатна система. Ако се намираме в потеглящ асансьор, в периода на ускоряване се появява инерчна сила, която усещаме като нарастване на тежестта ни. Може би, ако приложим Галилеевия мисловен експеримент с принципа на относителността, би трябвало да е невъзможно да установим дали се намираме в ускоряващ асансьор или в гравитационно поле. Например при въртене на тяло около оста му се появяват центробежни (псевдо)сили, като този подход се предлага като една възможност за генериране на изкуствена „гравитация“ в космически кораб. Следователно, ако ускорението води до забавяне на времето, то и гравитацията би могла да води до такъв ефект. Оказва се, че това е точно така. Този проблем е изследван от Айнщайн, който формулира Общата теория на относителността (ОТО), която разширява СТО, предсказвайки действието на гравитацията и неинерциалните отправни системи.

Самата ОТО е достатъчно сложна и тук няма да разглеждаме нейните уравнения, а само ще дадем уравнението, показващо връзката между времето T^{cp} , измерено в гравитационно поле (собствено време), и времето T , измерено от наблюдател, намиращ се безкрайно далеч от центъра на масата:

$$T = T^{cp} / \sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}}, \text{ където } G \text{ е гравитационната константа, } M \text{ е масата на тя-$$

лото, създаваща гравитационното поле, r е разстоянието до центъра на масата, а c е скоростта на светлината. Тази формула има структура, много наподобяваща уравнението на забавянето на времето при взаимно движение на инерциална отправна система (ИОС) в СТО ($T = T^{os} \cdot \gamma$). Нека видим, колко е

това забавяне за нас, хората, на повърхността на Земята. Гравитационната константа е $G=6,6719 \cdot 10^{-11}[\frac{m^3}{kg \cdot s^2}]$, а за масата и радиуса на Земята имаме $M=5,972 \cdot 10^{24}[kg]$ и $r=6371 \cdot 10^3[m]$. За скорост на светлината приемаме $c=3 \cdot 10^8[m/s]$. Заместваме във формулата по-горе за T ($T=T^{2p} \cdot \gamma'$) и получаваме забавяне $\gamma' \approx 1,000000695$. Една година от 365 дни има 31 536 000 секунди и следователно това, което за нас изглежда като една година, далеч от Земята изглежда с около 22 секунди по-продължително.



Фигура 1. Симулация на черна дупка за филма „Интерстелар“ (Фигура 15 в [7])

Земята обаче е една много малка планета. Можем ли да разтегнем времето повече? Най-добре да се приближим до нещо по-плътно! Слънцето? $M=2 \cdot 10^{30}[kg]$ и $r=6,957 \cdot 10^8[m]$, откъдето $\gamma' \approx 1,000002132$ – едва 67 секунди за една земна година спрямо далечен наблюдател. Трябва ни нещо по-плътно от звезда!

През 1784 г. английският свещеник и натурфилософ Джон Мичъл¹ предлага свои изчисления с формулата на Нютон за силата на гравитация между две тела, според които, ако едно тяло има плътността на Слънцето и радиус около 500 пъти по-голям от слънчевия, то неговата сила на привличане ще е толкова голяма, че дори светлината не може да избяга.

¹Джон Мичъл е забележителна фигура в историята на физиката и астрономията. Мичъл показва, че земетресенията се разпространяват като вълна в земната кора, а също, че в космоса има повече двойни звезди, отколкото би било вероятно, ако разпределението им е равномерно. Мичъл открива и това, че силата на магнитното поле намалява обратнопропорционално на квадрата на разстоянието. Мичъл създава и торзионната везна, но почива преди да успее да измери стойността на гравитационната константа и да определи масата на Земята. Този експеримент е довършен от неговия приятел Хенри Кавендиш, който използва останената от Мичъл везна.

Макар изчисленията на Мичъл да не са коректни, а класическата механика да не допуска съществуването на черни дупки, доколкото фотоните нямат маса и не се привличат от масивни тела, Джон Мичъл все пак се оказва прав, че във Вселената съществуват тела, от които светлината не може да избяга. Това е следствие от ОТО, която предвижда, че всяко тяло с маса изкривява пространство-времето, поради което масивните обекти отклоняват посоката на фотоните. През 1916 г. Карл Шварцшилд успява да реши уравненията на Айнщайн за полето извън сферична маса без електрически заряд и ъглов момент. Решението обаче има една особеност – то става сингулярно, ако масата бъде уплътнена толкова много, че размерът се доближи до т.нар. „радиус на Шварцшилд“ (r_s), който се дава от формулата $r_s = 2GM/c^2$. Ако заместим тази стойност в коефициента на разтягане на времето γ' по-горе, получаваме, че $\gamma' = 1/\sqrt{1-r_s/r}$. Колкото повече се доближаваме до радиуса на Шварцшилд, толкова повече се разтяга времето от гледна точка на далечен наблюдател. В СТО времето сякаш „спира“ за частица, движеща се със скоростта на светлината, а в ОТО – за частица, достигнала хоризонта на събитията.

Първоначално възможността да съществува толкова плътен обект изглежда просто като математически куриоз, защото плътността на такъв обект изглежда невъзможна: за обект с масата на Слънцето радиусът на Шварцшилд е по-малко от 2 km. С откриването на неутронните звезди, чиито радиуси се оценяват на между 10 и 20 km, възможността да съществуват толкова плътни обекти започва да се приема от все повече физици и техните свойства започват да се изследват все по-широко. Появяват се и други решения за черни дупки – въртящи се черни дупки без електрически заряд (решение на Кер), невъртяща се електрически заредена черна дупка (решение на Райснер – Нордстрьом), и за въртяща се електрически заредена черна дупка (решение на Кер – Нюман). Широко възприети са два сценария на формиране на черни дупки. В първия, след изчерпването на ядреното гориво на много масивна звезда, се стига до експлозия на звездата като свръхнова, като, в случай че оставащото вещество в ядрото надвишава около 2,5 слънчеви маси, ядрото се свива в черна дупка. Във втория сценарий, приложим към формирането на свръхмасивни черни дупки, каквито се откриват в ядрата на повечето галактики, се предполага, че вещество от халото може да се свие бързо и се образува черна дупка с маса от порядъка на десетки или стотици хиляди слънчеви маси. Звездните черни дупки обикновено са с маса между 2 и 10 слънчеви маси, докато свръхмасивните черни дупки са с маси, милиони и дори милиарди пъти по-големи от тази на Слънцето².

²Масата на черната дупка в центъра на нашата галактика, Млечния път, се оценява на около 4,3 милиона слънчеви маси. Астрономите са означили този обект като *Sagittarius A**.

И така, пред нас се разкрива нова възможност за пътуване в бъдещето: достатъчно е да влезем в орбита около една черна дупка, да изчакаме колкото време желаем, и да се завърнем в бъдещето³! Например, ако можем да се доближим на разстояние два радиуса на Шварцшилд от хоризонта на събитията⁴ на невъртяща се черна дупка, забавянето на времето ще бъде

$\gamma' = 1/\sqrt{1 - \frac{r_s}{3r_s}} = \sqrt{1,5} \approx 1,22$. Ако ние наблюдаваме един астронавт, обикалящ

близо до хоризонта на събитията, за нас ще изглежда, че неговият часовник се забавя спрямо нашия. Обратно, от негова гледна точка времето тече както обикновено, но часовниците далеч от черната дупка сякаш се забързват.

Този сценарий има редица практически ограничения: голямата енергия за откъсването от дупката, големият градиент на силата на гравитация, както и високоенергетичното излъчване при ускоряването на елементарни частици в околността на черната дупка. Проблемно е и постигането на стабилна кръгова орбита около черната дупка. Оказва се, че най-близката стабилна кръгова орбита около невъртяща се черна дупка се дава от формулата

$r^{isco} = \frac{6GM}{c^2} = 3r_s$. Поради това този сценарий също има ограничение, докол-

кото доближаването на по-близко разстояние до черната дупка ще доведе до разход на енергия за запазване на орбитата, а с това – и до вероятен фатален изход за екипажа⁵.

Образуването на черни дупки при колапс на звездно ядро или газов облак води до един странен феномен: черната дупка сякаш е „замръзнала“ във времето от гледната точка на далечен наблюдател. Колкото повече материя се доближава до хоризонта на събитията, толкова повече се забавя времето за тази материя. Така съвсем близо до хоризонта на събитията дори най-малка единица за време може да се разтегне в милиард години за далечния наблюдател. Тъй като Вселената има крайна възраст от около 13,8 милиарда години, в нашата отправна система тези звезди са замръзнали в състояние на ко-

³Звездните черни дупки са трудни за откриване, ако не са в двойни системи. За сега най-близкият известен ни кандидат за черна дупка (означаван като 1A 0620-00) се намира на разстояние около 2800 светлинни години от нас в съзвездие Еднорог.

⁴Хоризонт на събитията е границата, отвъд която никой път в никой конус на бъдещето не води извън черната дупка, т.е. това е границата между черната дупка и останалата част от Вселената.

⁵Доколкото обаче колапсиращите ядра или газови облаци имат въртящ момент, който се запазва в колапса, очакваме повечето дупки да са въртящи се (решение на Кер). В зависимост от скоростта на въртене на дупката при тези дупки най-вътрешната стабилна орбита може почти да достигне хоризонта на събитията. Така че, ако искаме да се преместим далеч в бъдещето, нужно е да намерим достатъчно бързо-въртяща се черна дупка.

лапс, който не е завършил. От гледна точка на падащ към сингулярността астронавт обаче времето тече нормално, като непосредствено преди да премине през хоризонта на събитията, астронавтът ще може да „види“ цялото бъдеще на Вселената. Поради това едно от ранните названия на черните дупки, особено в съветски източници, е „замръзнали звезди“⁶, в които от гледна точка на външен наблюдател падащата към черната дупка материя остава по хоризонта на събитията. За външни наблюдатели обаче това състояние е неразграничимо от вече формирала се черна дупка⁷, докато в отправната система на падаща към сингулярността частица собственото време за достигане на центъра при звездни черни дупки е част от секундата. Тази разлика подчертава разликата между Нютоновото абсолютно време и относителното време: времето на външния наблюдател не е абсолютно и доколкото не е възможно да синхронизираме часовника на външния наблюдател с хипотетичен часовник отвъд хоризонта на събитията.

Назад във времето

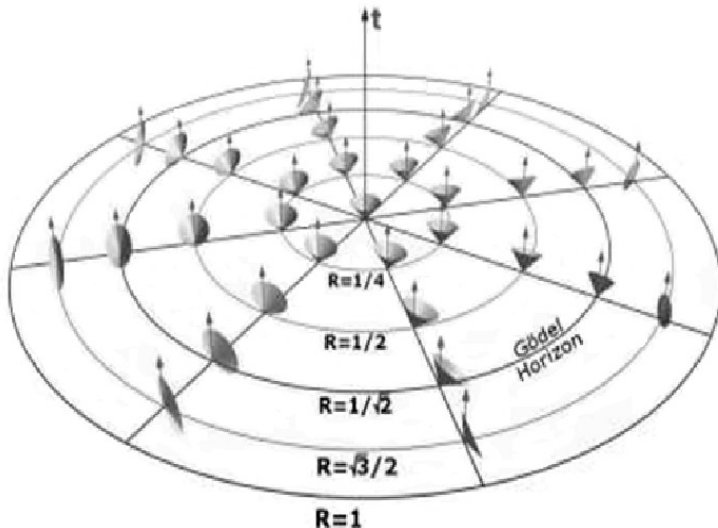
Вече имаме два надеждни начина за пътуване в бъдещето – чрез движение с висока скорост и чрез престой в силно гравитационно поле. Много поинтересно обаче би било, ако можехме не само да отидем в бъдещето, но и да се върнем и да разкажем за него. За съжаление, ограничението за консистентност на историята не ни дава много надежда за това: или имаме една единствена история и сме заключени в консистентен цикъл, който не можем да променим по никакъв начин, или всяко пътуване във времето създава нова история. Може би има друго обяснение, за което не сме се сетили? Ако има хора от бъдещето, може би те биха могли да ни кажат какво се случва при движение във времето. Известният астрофизик Стивън Хокинг се опитал да разбере това, като организирай парти за пътешественици във времето. Партито се състояло на 29 юни 2009 г., но за да отсее самозванците, професор Хокинг го анонсирай едва след като партито минало. Така само истинските пътешественици знаели за провеждането на партито. Партито може би било малко скучно, защото никой не отишъл. Можем само да гадаем причината –

⁶В астрономията това понятие се използва в още един смисъл: хипотетично е възможно в облак с висока металичност да се роди звезда с маса едва 0,04 слънчеви маси, в чието ядро ще започнат ядрени реакции със слаба интензивност, при което повърхностната температура на звездата ще бъде около нула градуса по Целзий. Следва да се има предвид, че съществуването на тези звезди е само хипотеза. Най-леката открита до момента звезда, в която протича ядрен синтез – AB Dor C в съзвездие от южното полукукло Златна рибка – е с маса около 0,08 слънчеви маси и ефективна температура около 2800 K.

⁷С доближаването до черната дупка ще се засилва ефектът на червеното отместване, а интензитетът на излъчваната светлина ще отслабва. Поради това падащи към черната дупка обекти постепенно ще потъмняват и изчезват от видимост.

може би не е възможно да се пътува във времето, а може би пътешествениците са потайни или просто не харесват Стъвън Хокинг. През 2013 г. други двама физици правят опит да идентифицират пътешественици във времето, търсейки постове за известни неочаквани събития в социални мрежи, търсачки и съобщения, които да са предшестваха реалното събитие [8]. За съжаление се оказва, че пътешествениците във времето или не ползват интернет, или се прикриват добре, поради което авторите не откриват никакви следи от тях.

И все пак за истински мотивираните пътешественици във времето може би има искрица надежда за пътуване в миналото. В предния раздел видяхме, че $OTO = CTO + \text{гравитация}$. Как обаче гравитацията си взаимодейства с пространство-времето? В CTO пространството и времето бяха обединени в едно плоско пространство-време на Минковски. Айнщайн предполага, че масата деформира пространство-времето и извежда своите уравнения за полето, описващи деформацията в резултат на гравитацията. Макар математически тези уравнения да могат да се запишат в на пръв поглед проста форма, зад тази привидна простота стои система от шестнайсет нелинейни частни диференциални уравнения. Поради това аналитични (т.е. точни) решения са получени за много малко случаи. Например решението на уравненията за полето показва каква е деформацията на пространство-времето около невъртяща се или въртяща се черна дупка – съответно решенията на Шварцшилд и Кер. Обаче дори за привидно прости системи, като система от две черни дупки, обикалящи около своя общ център на масите, липсва аналитично решение.



Фигура 2. Светлинни конуси във Вселената на Гьодел [9]

В общия случай ние не можем да намерим аналитично решение на уравненията на Айнщайн, но за физиците е важно да знаят какви решения са въз-

можни, дори когато до момента такъв обект физически не е наблюдаван. Например съществуването на черни дупки, поне първоначално, не е наблюдаваем факт, а просто решение на уравненията за полето, като Айнщайн е предполагал, че материята не може да се компресира дотолкова, че да се създаде обект с радиус под радиуса на Шварцшилд. Обаче днес вече е широко възприето, че в централната област на повечето големи галактики съществува свърхмасивна черна дупка с маса, милиони или дори милиарди пъти по-голяма от слънчевата. От друга страна, не всяко математическо решение на уравненията на Айнщайн непременно има физическо съответствие. Например през 1964 г. руският космолог Игор Новиков забелязва съществуването на решение, подобно на това на Шварцшилд, но в обратна посока – област от пространството, от която светлината и материята могат да излизат, но материята от околното пространство никога не може да достигне това пространство. Тъй като това решение прилича на черна дупка при обърната стрела на времето, то се нарича „бяла дупка“, като през 1960-те и 70-те години дори се разглежда като потенциално обяснение за високата светимост на квазарите⁸. Макар то да е валидно решение на уравненията на Айнщайн, повечето физици намират решението за „нефизично“, доколкото липсват естествени условия за възникването на бели дупки, а самото решение е нестабилно.

Намирането на решения на уравненията на Айнщайн и анализът на тяхната „физичност“ са важна област на изследване, доколкото в мащабите на Вселената дори малковероятни събития могат да се случат някъде в пространство-времето. След като пространството и времето са свързани, възможно ли е да съществува решение, което да позволи пътуване в миналото?

През 1949 г. известният математик Курт Гьодел дава неочакван положителен отговор като представя геометрия, в която са възможни „затворени времеподобни криви“ (ЗВК). Тези криви са времеподобни траектории в пространство-времето, които се пресичат със себе си, т.е. при тях частица се движи напред в своето локално време, но въпреки това се оказва в точка от миналото. Гьодел разглежда хомогенна въртяща се Вселена, чийто опростен модел е илюстриран на Фигура 2. Равнината $x-u$ са двете пространствени измерения на въртящата се Вселена, а t е времево измерение, в което $t > 0$ е бъдещето, а $t < 0$ е миналото. С отдалечаването от центъра светлинните конуси в тази геометрия започват да се разширяват и наклоняват (на фигурата с

⁸Светимостта на квазарите може да достигне до 10^{15} пъти светимостта на Слънцето. Счита се, че енергията, излъчвана от квазарите, е резултат на превръщането на гравитационна потенциална енергия в топлинно и нетоплинно лъчение и кинетична енергия в процеса на поглъщане на вещество от свърхмасивни черни дупки в центровете на родителските галактики. Все пак белите дупки не са изгубили съвсем своята привлекателност, като са предлагани дори като възможно обяснение за Големия взрив [18].

малки стрелки са показани положителните посоки на времето). Конусите преди „хоризонта на Гьодел“, който е на разстояние $R=1/\sqrt{2}$, са достатъчно изправени, но при достигане на този хоризонт конусът на бъдещето преминава през равнината на настоящето и се появяват времеподобни криви, водещи към миналото ($t < 0$). Самият Гьоделов хоризонт вече представлява една ЗВК, като тръгвайки от който и да е конус на този хоризонт можем, следвайки окръжността на хоризонта, да се върнем в миналото на изходната точка. Ние знаем, че нашата Вселена не е въртяща се, защото такова въртене не се съгласува с наблюдателните данни. Например в такава въртяща се Вселена един и същи обект може да се вижда като две огледални изображения.⁹ Важното в този пример не е това дали тази вселена е реалистична, а това, че системата от уравнения на Айнщайн допуска съществуването на такова решение. Щом уравненията допускат такива решения, значи може би е възможно някъде и в нашата Вселена да възникне такава конфигурация на материя и енергия, позволяваща пътуване във времето¹⁰.

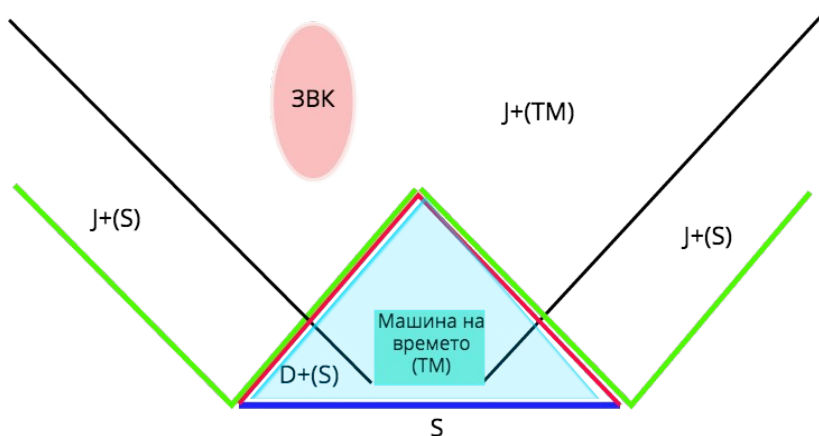
Друг тип машини на времето са червейните дупки (*wormholes*), особено любими на сценаристите на фантастични филми. Тези хипотетични обекти представляват преки пътища (*shortcuts*) в пространство-времето, съкращаващи разстоянието в него. Хипотетично те могат да дадат възможност за пътуване във времето по два начина. Първият начин е, като ни позволят да преминем дадено разстояние в пространството със скорост, по-голяма от скоростта на светлината. Ключов елемент в това пътуване е това, че червейната дупка служи като пряк път в пространство-времето, т.е. позволява да можем да преминем разстоянието от началото до края по-бързо, отколкото светлината. Излизайки през изхода на дупката, светлината, излъчена в момента, в който сме тръгнали през дупката, още няма да ни е достигнала, т.е. ще виждаме миналото. По-сложен е вариантът, в който искаме да участваме в миналото, а не само да го наблюдаваме. В този случай дупката трябва да е проходима и в двете посоки или нейният изход да се ускори до релативистки скорости, в който случай пътуването във времето ще бъде сходно по характер с комуникацията чрез тахионнен антителефон.

Друг теоретичен сценарий за пътуване във времето предполага използването на голи сингулярности (*naked singularities*). При нормалните черни дупки сингулярността в центъра им е изолирана от оставащата част на Вселената чрез хоризонта на събитията. Някоя частица (с или без маса) отвъд хоризонта на събитията не може да има конус на бъдещето извън хоризонта на

⁹Визуална представа за това как изглежда една такава Вселена читателят може да добие от [19] и [9].

¹⁰След публикуване на резултатите на Гьодел са открити още решения, допускащи ЗВК, като част от тях имат сходна цилиндрична симетричност и тук няма да разглеждаме повече примери.

събитията, т.е. всички възможни траектории водят навътре в черната дупка и никакъв сигнал не би могъл да излезе извън хоризонта на събитията. Евентуалното съществуване на гола сингулярност би могло да доведе до разтваряне и преобръщане на светлинните конуси, а с това и до появата на ЗВК в околността на сингулярността. Разбира се условията в близост до сингулярността биха били толкова неприятни, че единствено фотони биха могли да преминат по такива траектории [10].



Фигура 3. Сечение на бъдещето на машина на времето и съдържащата я повърхност на Коши

През 1970-те години известният физик и космолог Роджър Пенроуз предлага своята „Хипотеза за космическата цензура“, която гласи, че природата не търпи голи сингулярности, т.е. всяка сингулярност е изолирана от останалата част на Вселената с хоризонт на събитията [11, с. 25]. Числови симулации засега са установили, че принципно в много специални конфигурации е възможно да се открие гола сингулярност, но условията са много малко вероятни и нестабилни, за да съществуват на практика¹¹. Най-чест пример за съществуване на гола сингулярност е метриката на Кер (въртяща се черна дупка), при която, при достатъчно голям ъглов момент на дупката, хоризонтът на събитията може да добие тороидална форма и центърът на дупката, който ще има формата на диск, а не на точка, да стане видим от останалата част на Вселената.

Възможни ли са такива сценарии? Видяхме, че ОТО позволява съществуването на конфигурации със затворени времеподобни криви, както и съ-

¹¹Верността на хипотезата за космическата цензура е обект на два известни облога между Стивън Хокинг от една страна (поддръжник на верността ѝ) и Джон Прескил и Кип Торн от друга. Хокинг признава оригиналния облог за изгубен, като през 1997 г. между страните се уговаря нов, с прецизирана формулировка: <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/bets.html>

существоването на сингулярности с неизвестни свойства. Това би могло да бъде индикация, че самата ОТО е непълна теория и съществуват допълнителни ограничения за топологията на пространство-времето, т.е. за са свойствата на множествата от точки в него. ОТО позволява съществуването на затворени времеподобни криви, но математическата възможност не е гаранция за физическото им съществуване. Може би във физиката има закон, който да попречи пространство-времето да бъде усукано дотолкова, че в него да се появи ЗВК. Такъв закон засега не е открит, поради това съществуването му също е хипотеза, която може и да бъде опровергана. Има различни аргументи относно съществуването или несъществуването на такъв природен закон. Тук ще се спрем само на една възможност – предложението за защитата на хронологията (*chronology protection conjecture*) на Хокинг [12], с оглед демонстриране на инструментариума на тези изследвания и сложността за дефинирането на причинно-следствените връзки.

В оставащите параграфи ще се интересуваме от машина на времето, която е създадена – естествено или от човек – в даден момент от времето. Такава машина ще може да променя някаква крайна част от пространството и времето и, в частност, тя няма да променя по никакъв начин времето преди създаването си. Така че, ако пътешественикът във времето иска да се върне в миналото и да убие дядо си, няма да може да ползва новосъздадена от него машина, а ще трябва да намери съществуваща машина, която да може да използва. Освен това ще искаме по някакъв начин пътуването във времето да води до промяна на бъдещето, т.е. трябва да можем да предизвикаме промяна на ЗВК, а не просто да бъдем заключени в консистентен цикъл.

Разсъжденията на Хокинг са илюстрирани схематично на Фигура 3. В нея S може да се мисли като състоянието на област от Вселената в някой момент преди пускането на машината на времето (TM). Технически S е пространственоподобна повърхност, през която всяка времеподобна крива преминава само веднъж (повърхност на Коши). Всяка точка от S е връх на един ориентиран в бъдещето светлинен конус. Видяхме, че всяка точка може да влияе само на онези точки, които се намират в нейния светлинен конус на бъдещето. Това очертава една зона ($D^+(S)$), оцветена в синьо, която съдържа онези точки, чието минало е определено еднозначно от S на база уравненията на Айнщайн за полето, т.е. тези точки зависят единствено от точките в S , като формират „област на предопределеност (зависимост)“. Границата на тази област, означена с червена линия на Фигура 3, се нарича „хоризонт на Коши“ и ще го означим с $H^+(S)$. Извън тази област обаче съществува и друга, по-широка област ($J^+(S)$), която включва онези точки от пространство-времето, които зависят от поне една точка от S , но също може да зависят и от точки извън S . Върху тези точки S влияе, но не ги определя еднозначно, и те формират „областта на причинност“. В даден момент включваме маши-

ната на времето и създаваме някоя ЗВК. Тази ЗВК обаче излиза извън областта на предопределеност¹² от машината на времето и съответно ще се влияе не само от действието на машината на времето ($D^+(TM)$), но и от други точки в $J^+(S)$. В такава конфигурация Хокинг твърди, че съществуване на машина на времето е възможно, само ако хоризонтът на Коши е компактно генериран, т.е. ако времеподобните криви бъдат продължени в миналото, те ще останат в някаква компактна област и няма да зависят от сингулярни точки или от безкрайни интервали [12]¹³. Ако се окаже, че хоризонтът на Коши не е компактно генериран, тогава съществуването на машина на времето е невъзможно, тъй като това ще наруши предсказуемостта¹⁴. Хокинг показва, че ако S е отворено (некомпактно), уравненията на Айнщайн за полето са изпълнени и е спазено слабото енергетично условие, тогава хоризонтът на Коши не е компактно генериран и съответно не позволява съществуването на машина на времето. Дискутирайки този критерий Хокинг заключава, че условието за компактно генериране на хоризонта на Коши изключва известните механизми за пътуване във времето, в т.ч. червейните дупки, като интерпретира този резултат като забрана за пътуване във времето – резултат, който става известен като „предположение за защита на хронологията“. Засега обаче липсва съгласие по въпроса дали условието на Хокинг е необходимо, достатъчно, или нито едното, като са изказани и алтернативни теореми за възможността за съществуване на машина на времето [13].

Вместо заключение: а ако все пак е възможно?

Представете си, че можете да се преместите във времето, но само веднъж и само за едни ден. Къде щяхте да изберете да отидете – в миналото или в бъдещето? С кого щяхте да прекарате този ценен един ден? Мисля си, че привлекателността на темата за пътуване във времето е в това, че тя е повече път към себе си. Мястото, което ще изберем за пътуването и хората, с които ще се срещнем, показват нашите стремежи, мечти и грешки. Едни ще се опитат да погледнат в бъдещето, други ще се опитат да поправят миналото. Човек обаче рядко е щастлив от това, което има, и от мястото, на което се нами-

¹²Ако е в зоната на предопределеност, не бихме имали възможност да модифицираме историята, променяйки ЗВК, доколкото в тази зона бъдещето е изцяло определено от уравненията на полето и S .

¹³Точките извън хоризонта на Коши обаче могат да зависят от сингулярности или безкрайни интервали. Не се изисква и S да е компактна повърхност, като ако тя не е компактна, то и хоризонтът на Коши няма да е компактен.

¹⁴Уравненията на Айнщайн за полето са система от диференциални уравнения. Задачата за намиране на решение на диференциално уравнение при дадени начални условия се нарича задача на Коши. Изискването за компактно генериране на хоризонта на Коши се налага, за да може да се фиксира решението на уравненията на Айнщайн и да се предскаже бъдещето отвъд $H^+(S)$.

ра. Както Гил мечтае за лудите години, а Адриана – за Бел епок¹⁵, пътниците във времето ще се разминаваме по същия начин, по който се разминаваме и в общото ни настояще. За щастие, Вселената, изглежда, ни е отказала тази възможност.

Благодарности

Авторът изказва своята благодарност на гл. ас. д-р Георги Петров от катедра „Астрономия“ на Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ за многобройните му конструктивни коментари по първоначалния текст на материала.

Цитирани източници

- [1] L. Susskind and G. Hrabovsky, *The Theoretical Minimum: What You Need to Know to Start Doing Physics*. London: Allen Lane, 2013.
- [2] P. Davies, *About Time*. London: Penguin Books, 1995.
- [3] J. Hanc, S. Tuleja, and M. Hancova, „Symmetries and conservation laws: Consequences of Noether’s theorem,“ *Am. J. Phys.*, vol. 72, no. 4, pp. 428–435, Apr. 2004.
- [4] J. C. Hafele and R. E. Keating, „Around-the-World Atomic Clocks: Predicted Relativistic Time Gains,“ *Science (80-.)*, vol. 177, no. 4044, pp. 166–168, Jul. 1972.
- [5] С. Иванов и А. Живков, *Съвременна физика за математици*. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 2017.
- [6] A. Einstein, *Relativity: The Special and the General Theory*, 15th ed. New York: Wings Books, 1961.
- [7] O. James, E. von Tunzelmann, P. Franklin, and K. S. Thorne, „Gravitational lensing by spinning black holes in astrophysics, and in the movie *Interstellar*,“ *Class. Quantum Gravity*, vol. 32, no. 6, pp. 1–41, Feb. 2015.
- [8] R. J. Nemiroff and T. Wilson, „Searching the Internet for evidence of time travelers.“ Dec-2013.
- [9] D. Sahdev, R. Sundararaman, and M. Modgil, „The Gödel Universe: A Practical Travel Guide.“ Dec-2006.
- [10] F. de Felice, „Naked Singularities, Cosmic Time Machines and Impulsive Events,“ *nuovo Cim. B*, no. 5, pp. 481–488, 2007.
- [11] С. Хокинг and P. Пенроуз, *Природата на пространството и времето*. София: Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 1999.
- [12] S. Hawking, „Chronology protection conjecture,“ *Phys. Rev. D*, vol. 46, no. 2, pp. 603–611, 1992.
- [13] J. Earman, C. Wüthrich, and J. Manchak, „Time Machines,“ in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Winter 2016., E. N. Zalta, Ed.

¹⁵Герои във филма на Уди Алън „Полунощ в Париж“ (2010), виж част 1 на статията от брой 4/2018.

- Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2016.
- [14] C. M. Graney, „Francesco Ingoli’s essay to Galileo: Tycho Brahe and science in the Inquisition’s condemnation of the Copernican theory,“ pp. 1–60, 2013.
 - [15] Г. Галилей, „Послание к Франческо Инголи,“ *Сборник, посвященный 300-летней годовщине со дня смерти Галилео Галилея*, под. ред. акад. А. М. Дворкина, Изд-во АН СССР, М. – Л., 1943, 1624. [Online]. Available: <http://www.astro-cabinet.ru/library/Galiley/Ingoli.htm>.
 - [16] M. Gatta and P. Fragata, „The Twin Paradox, Once More.“ Oct-2012.
 - [17] N. Bokor, „Lucky Luke – the man who shoots faster than his shadow,“ *Class. Quantum Gravity*, vol. 50, no. 6, pp. 733–740, 2015.
 - [18] A. Retter and S. Heller, „The Revival of White Holes as Small Bangs,“ *Class. Quantum Gravity*, vol. 17, no. 2, pp. 73–75, Feb. 2012.
 - [19] M. Buser, E. Kajari, and W. P. Schleich, „Visualization of the Gödel universe,“ *New J. Phys.*, vol. 15, pp. 1–32, 2013.

TIME TRAVEL

Stanislav Bozhkov

The possibility for time travel fascinates the general public, and a number of novels and movies explore its ethical and scientific dimensions. The corresponding Wikipedia article („Time travel in fiction“) lists nine subgenres. Non-physicists, however, often do not understand the scientific basis of time travel. In this paper we aim to narrow this gap by exploring the feasibility of time travel forward and backward in time, and the limitations on the operation of time machines imposed in classical mechanics, and in special and general relativity theory. We discuss the separation of time and space in classical mechanics and their unification in a single space-time in the relativity theory. We hope that the paper would incite the interest of the readers in the topic and could be used in designing school projects in order to stimulate the interest of students in physics and STEM in general.

СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“ СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ



Списанието „Светът на физиката“

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

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

АБОНИРАЙТЕ СЕ

Абонамент за 1 година (4 броя) – 16 лв. За ученици, студенти и пенсионери – 8 лв.

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

Цена за 1 книжка – 5 лв.

СТАНЕТЕ НАШИ АВТОРИ

Може да изпращате статии за публикуване в списанието като прикачени файлове на същия адрес.

Броевете на списанието можете да намерите на сайта ни

wop.phys.uni-sofia.bg

и на адрес:

Съюз на физиците в България, Физически факултет

СУ „Св. Климент Охридски“

бул. „Джеймс Баучер“ 5, София 1164

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

както и по време на ежемесечната ни лектория

„Светът на физиката на живо“

в Софийска градска библиотека

СЕНЗОРНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВАТА НА ПРОТОННО-ОБМЕНЕНИ ВЪЛНОВОДИ В ЛИТИЕВ НИОБАТ

Мариана Кънева, Светлен Тончев, Елка Караколева

Литиевият ниобат (LN) е синтетичен нелинеен двойно-лъчепречупващ кристал с ключова роля в интегралната оптика (IO). Освен отличните оптични качества, много важна негова характеристика е високият електрооптичен коефициент ($r_{33} \approx 30,5 \text{ pm/V}$), който позволява лесно управление на светлинното поле с електрични сигнали. Важността на LN за фотониката може да се сравни с тази на силиция за микроелектрониката: LN намира голямо практическо приложение при изработването на различни многофункционални IO устройства, в които основна роля играят оптичните вълноводи.

Протонният обмен (PE) е една от най-популярните съвременни технологии за получаване на оптични вълноводи в LN посредством модифициране на повърхността на кристала или на определени части от нея за различни IO приложения. PE технологията позволява бързо и лесно формиране на вълноводи, характеризиращи се със силно изменение на необикновения показател на пречупване Δn_e ($\Delta n_e \cong 0,12 - 0,15$ при дължина на вълната $0,633 \text{ }\mu\text{m}$) и следователно – със силно вълноводно и поляризиращо действие. (По-подробно PE е разгледан в бр. 3 на сп. „Светът на физиката“ от 2012 г.).

От създаването на технологията досега са предложени и разработени редица IO пасивни и активни елементи, като съществена част от тях са предназначени за приложение в сензори. Висококачествени PE оптични вълноводи са в основата на многобройни IO елементи: модулатори, превключватели, мултиплексори, демултиплексори и Y -съединители като основни компоненти на съвременните оптоелектронни устройства за навигация, комуникационни системи и различни сензори (детектори на електрични и магнитни полета, температурни датчици [1, 2] и др.). PE технологията е за предпочитане в случаите, при които се използва светлина с дължина на вълната във видимата и в близката инфрачервена област на спектъра и линейната поляризация не е пречка.

Устройствата, използващи оптични вълноводи, получени с PE в LN ($PELN$), могат да работят при по-високи оптични мощности и по-малки дължини на вълната, отколкото тези с вълноводи, получени с термична дифузия на титан в същия кристал. Много важно предимство на $PELN$ вълноводи е поляризиращото им действие, поради което не се налага в устройството да се въвежда допълнителен поляризиращ елемент, необходим за работата на

много от сензорните елементи. По този начин *PE* вълноводи подобряват работата на устройството, предотвратявайки допълнителни загуби.

PELN технология се използва успешно за получаване на широк кръг *IO* сензори. Поради важността на *PELN* за *IO* са разработени редица методи за получаване на такива вълноводи, но нито един не е с универсално приложение. Многообещаващи изглеждат комбинираните методи и усилията са насочени към въвеждане на известни технологични модификации на съществуващите методи с цел получаване на висококачествени оптични сензорни елементи и устройства.

PE ТЕХНОЛОГИЯ ЗА СЕНЗОРНИ ЕЛЕМЕНТИ

Протонният обмен е реакция на химично заместване, която настъпва в повърхнинния слой на *LN* кристал (на дълбочина до няколко микрометра) обикновено при поставянето му в стопилка с подходящ състав и температура за необходимото време. Протоните от стопилката дифундират в кристала и заемат местата на литиеви йони, които напускат подложката. Получените слоеве се описват с формулата $\text{Li}_{1-x}\text{H}_x\text{NbO}_3$ и обикновено имат сложен фазов състав. Стойността на x показва степента на *PE* и определя концентрационните граници на до 7 различни фази, които биха могли да се формират във вълноводния слой [3]. Вълноводите, получени с пряк едноетапен *PE* (в стопилка), обикновено имат правоъгълен оптичен профил и почти изгубени електрооптични свойства. Видът на профила и електрооптичните свойства зависят от фазовия състав на *PE* слой, който може да се контролира чрез вариране на технологичните параметри. Напоследък най-често се използват пет технологични модификации за получаване на *PELN* вълноводи за сензорни приложения:

***RPE* (reverse proton exchange)** – обратен протонен обмен (двуетапен процес) [4] за получаване на „потопени“ вълноводи. Настъпва при поставяне на *PE* вълновод в евтектична смес от LiNO_3 , KNO_3 и NaNO_3 . Методът се използва за получаване на минимални загуби при свързването на вълновода с оптично влакно.

***APE* (proton exchange with subsequent annealing)** – двуетапен процес: протонен обмен с последващо отгряване за получаване на еднофазови (α) вълноводи с възстановени *EO* свойства след фазови преходи от фази с високи стойности на x към фази с по-ниски стойности на x [5].

***VPE* (proton exchange in vapors)** – протонен обмен в пари [6]. Едноетапен процес, който позволява получаването на високо хомогенни еднофазови вълноводи с много ниски загуби при разпространение на светлината. Такива вълноводи могат да имат сравнително голяма промяна в необикновения показател на пречупване ($\Delta n_e = 0,09$) и запазени нелинейни свойства [7].

***SPE* (soft proton exchange)** – мек протонен обмен в буферирани стопилки (напр. с добавен литиев бензоат в бензоената киселина). Едноетапен процес,

който позволява получаване на еднофазови (α) вълноводи със запазени *EO* свойства [8] и по-добро качество в сравнение с вълноводите, получени чрез *APE*.

HTPE (*high temperature proton exchange*) – високотемпературен протонен обмен [9]. Едноетапен процес за получаване на висококачествени вълноводи от α -фаза *PELN* (подобни на получените със *SPE*) чрез кратковременен пряк (без фазови преходи) протонен обмен.

APE и *RPE* вълноводи намират най-често приложение в интегралната и квантовата оптика за получаване на модерни устройства като фотонни кристали, устройства за генериране на втора хармонична и устройства с по-сложна архитектура. За приложения в нелинейната оптика, изискващи по-ефективно съсредоточаване на електромагнитното поле, за предпочитане са *SPE* и *RPE* вълноводи. В последно време набира популярност *HTPE* процесът понеже стандартната *APE* технология води до образуването на различни дефекти по повърхността на вълноводите в резултат на възможни фазови преходи [10] и по този начин въвежда допълнителни загуби от разсейване на светлината. Тези проблеми могат да се избегнат при *HTPE*, където фазови преходи не настъпват, така че вълноводите са с по-ниски оптични загуби и имат по-високи (близки до тези на подложката) *EO* коефициенти, характерни за α -фаза *PELN*.

СЕНЗОРИ

Откакто *PE* технологията излезе от състояние на лабораторни изследвания и достигна производствено ниво, са създадени редица пасивни и активни елементи, базирани на *PELN* вълноводи, използвани като главна част на сензорните *IO* чипове за различни фотонни устройства. Тези устройства съдържат различни *IO* компоненти като модулатори, съединители, поляризатори и т.н. Най-важните от тях са фазовите модулатори и интерферометричните Мах-Цендер модулатори.

Фазов модулатор

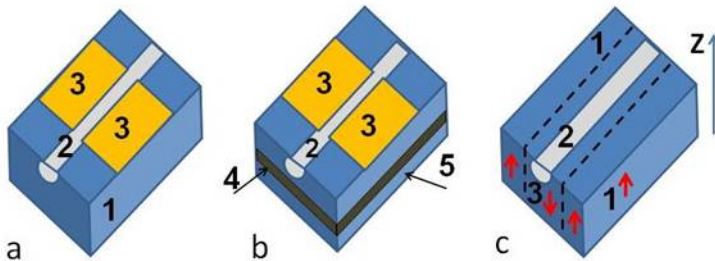
Действието на фазовия модулатор се основава на *EO* свойства на *LN*, които водят до промяна на показателя на пречупване при прилагане на електричен сигнал върху вълновода посредством електроди, нанесени върху кристала. Принципните схеми на три варианта фазови модулатори са показани на Фигура 1. Фазовият модулатор се състои от ивичен вълновод (2) формиран в кристална подложка от *LN* (1) и електродна конфигурация (3) (Фигури 1 – а и б). Устройството може да се използва за отместване по фаза и за фазова модулация в различни *IOC* схеми (*IO circuits*). Основните му предимства са голямото бързодействие, ниското управляващо напрежение, високата ефективност и простата конструкция. Фазовото отместване $\Delta\varphi$ се изразява чрез:

$$\Delta\varphi = k\Delta nL,$$

където k е вълновото число $k = 2\pi/\lambda$ (λ е дължината на вълната във вакуум), Δn е промяната на показателя на пречупване под действие на електричното поле и L е дължината на електродите. При разстояние между електродите d и приложено напрежение U фазовото отместване се дава с:

$$\Delta\varphi = -\pi (n_{\text{eff}})^3 r_{33} J_m UL/\lambda d,$$

където n_{eff} е ефективният показател на пречупване за разпространяващия се във вълновода мод, J_m е коефициентът на припокриване между оптичното поле на мода и на приложеното външно електрично поле. Вижда се, че оптимизирането на J_m (обикновено чрез подходяща геометрия на електродите) е от голямо значение за работата на модулатора.



Фигура 1. Принципна схема на фазов модулатор (a); PE LNOI фазов модулатор (b): 1 – подложка, 2 – PELN ивичен вълновод, 3 – електроди, 4 – SiO₂ слой; схема на DI PELN елемент на сензор за електрично поле (c): 3 – DI област, 2 – PELN ивица

ЕО фазови модулатори са много популярни във влакнесто-оптичните сензори поради обстоятелството, че фазовите измервания не се влияят от вариации в амплитудата.

Един пример за прилагане на комбинация от съвременни технологии за получаване на фазов модулатор е даден в [11]. Протонно-обменен ивичен вълновод (с дълбочина близка до тази на отсечка) се формира в литиев ниобат, отложен върху изолатор (LNOI – lithium niobate on insulator) (Фигура 2b). LNOI технологията е привлекателна поради силния вълноводен ефект. Тази конструкция се характеризира с ниско управляващо напрежение и може да се използва за сензори с висока чувствителност.

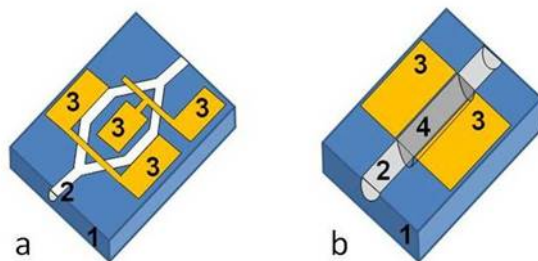
Друг пример за устройство на основата на PELN с диполна инверсия (DI) е сензорът за електрично поле, предложен в [12]. Протонно-обменен ивичен вълновод (2) с дълбочина близка до тази на отсечка е разположен в централната DI област (3) на подложка от Z-срез LN (Фигура 2c). Когато се приложи външно електрично поле, успоредно на оста Z на подложката, показателят на пречупване в DI областта нараства/намалява, а този в околните домени (1) намалява/нараства, предизвиквайки разсейване на светлината от доменните граници между активната и пасивната области и по този начин довежда до загуби след достатъчно дълъг път на светлината във вълновода. Така може да

се измери интензитет на електричното поле до 20 MV/m (под стойността на коерцитивното поле на LN по оста Z , $E_c = 21,4$ MV/m). Триизмерно определяне на интензитета на полето може лесно да се постигне чрез тройка сензори, разположени ортогонално.

Мах-Цендер модулатор (MZM)

Мах-Цендер интерферометърът е най-често използваният EO амплитуден модулатор и е основна структура в редица IO устройства. Както при класическата обемна конфигурация на MZ интерферометър, светлината се разделя в двете рамена без възможност за взаимодействие. Два Y -разклонителя, които представляват интерферометърните рамена, служат за разделяне и събиране на разпространяващата се в ивичните вълноводи светлина (Фигура 3а). Показателят на пречупване (респ. скоростта на разпространение на светлината) във всяко рамо може да се променя чрез прилагане на електрично поле, което предизвиква промяна на интерференчната картина на изхода от модулатора. Работата на устройството силно зависи от конфигурацията на електродите и от вълноводната архитектура.

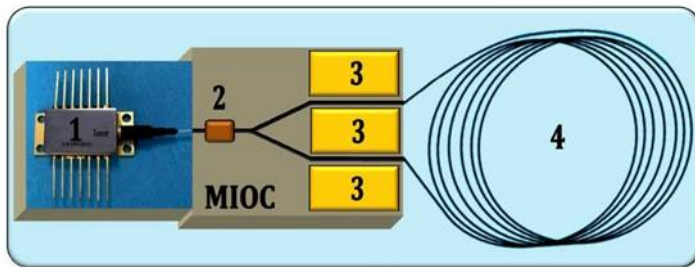
Пример за ефективен MZM в $APE LN$ със специално конструирани кососе Y -разклонители е описан в [13]. Характерна черта на този тип модулатор е използването на едномодови вълноводи, което позволява постигането на голяма дълбочина на модулация (88%) при сравнително ниски управляващи напрежения.



Фигура 2. Принципни схеми на MZM : (а) – класическа конфигурация; (б) – едномодов MZM . 1 – подложка, 2 – едномодов $PEELN$ ивичен вълновод, 3 – електроди, 4 – по-дълбока ивица (двумодов вълновод)

Един фундаментално нов, технологично по-прост IO модулатор с широка честотна лента (Фигура 2б) използва поляризиращото действие на $PEELN$ вълноводи [14]. Вълноводната структура, формирана в X -срез подложка от LN (1), се състои от едномодов ивичен вълновод (2), чиято централна област (4) е по-дълбока (получена с двоен протонен обмен), има по-висока стойност на промяната в показателя на пречупване и поддържа два мода. Тази нова конструкция използва най-простата възможна конфигурация на електродите, състояща се от два успоредни управляващи електрода (3). При достигане на

областта (4), светлината се разделя в два ортогонални мода, които се разпространяват независимо един от друг и прилагането на напрежение върху електродите променя фазата на всеки от модовете в различна степен, тъй като интегралите на припокриване на електричното и оптичното поле за двата мода са различни. Тези два мода интерферират в края на двумодовата област и светлината продължава да се разпространява като единичен мод с интензитет, зависещ от фазовата разлика, създадена между двата мода, разпространяващи се в централната област, т.е. – от приложеното напрежение. По този начин се осъществява амплитудна модулация с дълбочина, пропорционална на приложеното напрежение. Простотата на устройството, в съчетание с предимствата на *PE* технология, води в този случай до минимизиране на загубите, настъпващи при разделянето на разпространяващата се във вълновода светлина, до опростяване на процедурата за нанасяне на управляващите електроди, позволява лесен контрол върху геометрията и състава на вълноводните области и миниатюризация поради липсата на Y-разклонители.



Фигура 3. Принципна схема на FOG със затворена примка: 1 – източник на светлина & фотодетектор с блок за обработка на сигнала; 2 – серодинен модулатор; 3 – електроди; 4 – намотка от запазващо поляризацията оптично влакно

Влакнесто-оптичен жирокоп (*FOG*)

Един от основните продукти на пазара на сензори са влакнесто-оптичните жирокопи (*FOGs*). Принципна блок-схема на *FOG* със затворена намотка е показана на Фигура 3. Интерферометрията на основата на ефекта на Саняк е главният механизъм за сензорното действие на *FOG*: два светлинни лъча, разпространяващи се един срещу друг във въртяща се намотка, претърпяват фазово отместване ($\Delta\phi$), пропорционално на ъгловата скорост на въртенето (ω), чиято стойност се определя от формулата на Саняк:

$$\Delta\phi \approx 8\pi\omega A/\lambda c.$$

Тук A , λ и c са площта на примката, дължината на светлинната вълна и скоростта на светлината във вакуум. Интензитетът на интерфериращите лъчи, които рекомбинират при Y-съединителя на *IOC*, зависи от ротацията. При схемата със затворена примка е необходимо включването на серодинен моду-

латор във веригата за осигуряване на допълнително отместване на фазата на едната от взаимодействащите вълни с $\pi/2$, което да компенсира фазовото отместване поради ефекта на Саняк. По този начин скоростта на въртене може да се измери чрез управляващ сигнал от фазовия модулатор с чувствителност, зависеща от дизайна на примката от оптично влакно и от вида на влакното.

Както се вижда от схемата, ключовият сензорен елемент е *IOC* чип върху *LN* с фазов модулатор в него, най-често получен с *APE*, *VPE* или *HTPE* технология. *IOC* се състои от Y-разклонител/съединител и два чифта електрооптични фазови модулатори във всеки клон за по-добра работа.

Тъй като *IOC* извършва разделяне/събиране на лъча, поляризация и модулация, този чип действа като многофункционално устройство (*MIOC*). *FOG* изисква да се използва поляризирана светлина за по-добра стабилност на сигнала, следователно много важно предимство при използването на *PE* технология за *MIOC* на *FOG* е поляризиращото действие на *PELN*, което позволява да се намали броят на структурните компоненти на *MIOC*, избягвайки необходимостта от отделен поляризатор.

Понастоящем 10 компании в света предлагат жирокопи на основата на *PELN* вълноводи за приложения във въздухоплаването и наземната навигация и това е основното приложение на *PE* технологията в областта на сензорите. В момента *FOGs* позволяват чувствителност 0,1 – 0,01 deg/h.



Фигура 4. Характерен външен вид и размери на влакнесто-оптичен жирокоп за авиационни навигационни системи

Сензори за електрично поле и температура

Освен най-популярното приложение на *PELN* за *FOG* се разработват и редица други видове сензори. Такива са например сензорните елементи, базирани на фотоннокристални структури в *PELN*, които имат бързо разширяващо се приложение за получаване на свръхбързи и компактни *IO* устройства

с повишена функционалност. При тези сензори фотоннокристалната структура се формира в *APE LN* вълновод, използван за локализиране на светлината [15].

Една група обещаващи приложения на *PELN* вълноводи са устройствата за детектиране на електрични полета. Фотонният подход осигурява сензори за електрично поле с висока степен на електрична изолация, широк диапазон на честотната лента, минимална пертурбация на външното поле и възможност за работа в полеви условия. Например в [16] е описан сензор с много ниски загуби при въвеждане на светлината и силно електрооптично спектрално отместване, изготвен на базата на фотонен кристал и резонатор с разпределена обратна връзка чрез Брегова решетка, записана директно върху *APE LN* вълновод с помощта на фокусиран йонен лъч.

Напоследък беше предложено също и устройство за детектиране на електрично поле с по-висока чувствителност (над 100 пъти повече от тази на съществуващите досега) и много по-малка дължина (с три порядъка) на основата на двумерен фотонен кристал в *LN* с *APE* ивичен вълновод [15].

Най-популярната *IO* структура за детектиране на електрично поле е *MZM* [17]. В литературата са описани сензор за магнитно поле, на основата на *MZM*, формиран в *LN* с помощта на комбинация от методи – *SPE+APE*, компактен по размер и с пренебрежима пертурбация [18], сензор за високо напрежение с *MZM*, получен в *LN* чрез *HTPE* [19] и сензор за електромагнитни импулси с *MZM* формиран в *LN* чрез *SPE+APE* [20]. За двумерно измерване на електрично поле е създаден и изпробван сензор с диполни антени, съставен от три *Y*-разклонителя и два *MZM*, получени с *APE* в *LN* [21]. *APE* вълновод с *Y*-елемент и ниски загуби е предложен за приложения в *IO* сензори [22]. Основно предимство на *IO* сензорите за електрично поле по отношение на електронните е високата им чувствителност и широка честотна лента, както и нечувствителността им спрямо електромагнитни смущения, ниските загуби, компактната структура и лесното дистанционно управление.

Нанооптичен пироелектричен температурен сензор на основата на фотонен кристал в *LN*, разположен върху висяща мембрана за по-добро локализиране на светлината е предложен в [1]. Фотоннокристалният резонатор се изработва върху гребеновиден *LN* вълновод с *APE* слой върху него. Температурният сензор на основата на фотонен кристал се характеризира с висока чувствителност ($0,1359 \text{ nm}/^\circ\text{C}$), широк температурен обхват, стабилност и нечувствителност на оптичния сигнал към външни смущения. Високоэффективни температурни сензори на основата на *APE* с решетка, получена чрез ориентиране на диполите с помощта на електрично поле, са описани в [23].

Въпреки че *MZM* в *LN* е все още преобладаващата технология за фотонните сензорни елементи, в последно време нанотехнологиите, технологиите за преориентиране на домени и тънкослойната *LN* технология разкриват но-

ви възможности за конструиране на високоефективни сензори. Такъв пример е възприемането на нови технологични решения като преориентиране на домени за получаване на решетка с голям период във вълноводната структура или комбинация на *PE* и гравирание с UV лазер за създаване на вълноводни канали с потопени (*RPE*) и повърхнинни (*APE*) планарни вълноводи [24].

В днешно време *IO* сензори на основата на *PELN* технология бързо навлизат в търговската мрежа. Таблица 1 илюстрира някои от най-популярните предлагани на пазара *IO* сензори, в които вълноводните елементи са от *PELN*.

Таблица 1. Примери за налични в продажба интегрално-оптични чипове на основата на *PELN*

ПРОИЗВОДИТЕЛ	УСТРОЙСТВО/ МОДЕЛ	ТЕХНОЛОГИЯ	ПРИЛОЖЕНИЕ
<i>xBlue</i> (<i>Photline</i>)	<i>Y-JPX_LN</i> серия (Фазов модулатор с поляризиращ Y-разклонител)	<i>PE</i>	<i>FOG</i> (Сензори на основата на интерферометъра на Саняк)
<i>Honeywell</i>	<i>MIOC</i>	Ti-идифузия + <i>PE</i>	<i>FOG</i> , Навигационни системи
<i>Optolink</i>	<i>MIOC</i>	<i>HTPE</i>	<i>IO</i> компоненти в <i>LN</i> , <i>FOG</i> , навигационни системи
<i>Broadray</i> <i>Technology</i>	<i>LN Modulator</i> (<i>MZM</i> и Модулатор с електрически гене- рирана абсорбция (<i>EAM</i>))	<i>APE</i>	Влакнестооптични ко- муникационни систе- ми
<i>Photline</i> <i>Technologies</i>	<i>NIR-MPX800</i> серия (Фазови модулатори с 800 nm оптична ивица)	<i>PE</i>	Интерферометрични сензори, квантова оптика, честотно отместване
	<i>NIR-LN</i> серия (Амплитудни и фазо- ви модулатори за близката инфрачер- вена област)	<i>PE</i>	Форма и честота на импулса, лидари
<i>Idealphotonics</i>	Модел: <i>IOC-13-09-XX-N</i> (<i>MIOC</i>)	<i>APE</i>	Жироскопи, сензори за ел. ток, сензори за дви- жение, хидрофони

Фотонните сензори предлагат съществени предимства в сравнение с електронните: по-висока чувствителност, по-високо бързодействие, по широка ивица/обхват, нечувствителност към електромагнитни смущения, миниатюризация, партидно производство и лесно дистанционно управление. Ефективността и многофункционалността на единичен чип са също предимства на *IO* технология. Съвременното състояние на фотониката позволява осъществяване на комплексни системи върху единичен чип. *PELN* технология в комбинация с технологии за микрооптични елементи осигурява добри перспективи за това.

Тъй като основната трудност за приложението на *IO* устройства е въвеждането и извеждането на светлината, по-нататъшните разработки ще клонят към привличане на нови подходи като използване на фотонни кристали и нанотехнологии за решаване на този проблем. Постигането на по-високо бързодействие и повишено ниво на интеграция са също между текущите цели при разработките на *PELN*-базираната оптоелектроника.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Lu, B. Sadani, G. Ulliac, C. Guyot, N. Courjal, M. Collet, F. I. Baida, and M.-P. Bernal, *Opt. Express* **21**, 16311 (2013).
- [2] L. M. Johnson, F. J. Leonberger, and G. W. Pratt, *Appl. Phys. Lett.* **41**, 134 (1982).
- [3] Yu. N. Korkishko and V. A. Fedorov, *J. Appl. Phys.* **82**, 171 (1997).
- [4] Yu. Korkishko, V. Fedorov, T. Morozova, F. Caccavale, F. Gonella, and F. Segato, *JOSA A* **15**, 1838 (1998).
- [5] S. Al-Shukri, A. Dawar, R. De La Rue, A. Nutt., M. Taylor, and J. Tobin, *Proc. 7th Top. Meet. on integrated and guided wave optics* **1**, PD7, (1984).
- [6] M. Kuneva, S. Tonchev, and P. Dimitrova, *J. Mat. Sci.:Materials in Electronics* **14**, 859 (2003).
- [7] H. Tsou, M. Chou, P. Santhanaragavan, Y. Chen, and Y. Huang, *Mater. Chem. Phys.* **78**, 474 (2003).
- [8] K. Wong (1985). *Gec. J. Research* **3**, 243 (1985).
- [9] Yu. N. Korkishko, V. A. Fedorov, and O. Y. Feoktistova, *J. Lightwave Technol.* **18**, 562 (2000).
- [10] C. Ziling, L. Pokrovskii, N. Terpugov, I. Savatinova, M. Kuneva, and S. Tonchev, *J. Appl. Phys.* **73**, 3125 (1993).
- [11] L. Cai, Y. Kang, and H. Hu, *Optics Express* **24**, 4640 (2016).
- [12] D. Tulli, D. Janner, M. Garcia-Granda, R. Ricken, and V. Pruneri, *Appl. Phys. B* **103**, 399, (2011).
- [13] S. Tonchev, B. Jordanov, M. Kuneva, I. Savatinova, M. Armenise, V. Passaro, *Proc. NATO ASI Series* **14**, 293 (1996).
- [14] S. Tonchev and M. Kuneva, *Proc. SPIE* **3950**, 246 (2000).

- [15] J. Toney, V. Stenger, S. Kingsley, A. Pollick, S. Sriram, and E. Taylor, Proc. SPIE **8519**, 851904 (2012).
- [16] B. Oztruk, O. Yavuzcetin, and S. Sridhar, Int. J. Optics **2015**, Art. ID 426569 (2015).
- [17] C. H. Bulmer, W. K. Burns, and R. P. Moeller, Opt. Lett. **5**, 176 (1980).
- [18] J. Zhang, X. Wan, Y. Li, Z. Zhao, and C. Li, Optik **157**, 315 (2018).
- [19] S. M. Kostritskii, Yu. N. Korkishko, and V. A. Vedorov, Proc. SPIE **8351**, 83513M-1 (2012).
- [20] J. Zhang, Y. Bao, X. Wan, and Z. Zhao, Optik **147**, 385 (2017).
- [21] K. Xiao, X. Jin, X. Yu, X. Zhang, H. Chi, and S. Zheng, IEEE Antennas & Wireless Prop. Lett. **16**, 2203 (2017).
- [22] D. Choge, H. Chen, B. Tian, Y. Xu, G. Li, and W. Liang, Proc. SPIE **10457**, 1045715 (2017).
- [23] G. Calò, A. D. Orazio, M. De Sario, V. Petruzzelli, F. Prudenizano, T. Del Rosso, S. Sottini, and S. Trigari, URSI EMTS, 266 (2004).
- [24] K. Gallo, J. Prawiharjo, N. Broderick and D. J. Richardson, in “*Transparent Optical Networks I*”, 277 (2004).

SENSING ELEMENTS BASED ON PE TECHNOLOGY IN LINBO₃

Mariana Kuneva, Svetlen Tonchev and Elka Karakoleva

The most important waveguide structures in proton-exchanged lithium niobate for different modulators used in modern integrated and fiber optics devices (navigation equipment, temperature sensors, electric field sensors, etc.) are described. An emphasis is put on optical gyroscopes and sensing elements based on integrated optical phase and amplitude modulators.

ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

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

ФИЗИКАТА НА ВИСОКИТЕ ЕНЕРГИИ СЛЕД ЕРАТА НА ГОЛЕМИЯ АДРОНЕН КОЛАЙДЪР

Динко Динев

Големият адронен колайдър и след това

Откриването през 2012 г. в Европейския център за ядрени изследвания (*CERN*) на бозона на Хигс привлече вниманието не само на специалистите, но и на широката общественост. За да се осъществи това откритие, протони, ускорени в Големия адронен колайдър до енергия 4 TeV на протон, се сблъскваха в детекторите *ATLAS* и *CMS*, които регистрираха раждащите се при ударите частици. По-късно енергията на колайдъра беше увеличена на 6,5 TeV на протон. Събитието беше широко отразено от медиите и получи голям обществен интерес. Хигс бозонът стана по-популярен като „частицата-Бог“ (Л. Ледерман). Откриването на тази частица е поредното потвърждение за правилността на съвременната теория на микросвета, т.нар. Стандартен модел. През 2013 г. белгиецът Ф. Енглер и англичанинът П. Хигс получиха Нобеловата награда по физика за теоретичното предсказване от 1964 г. на съществуването на Хигс бозона.

Главни „действащи лица“ в тази сага са Големият адронен колайдър (*LHC*) и детекторите *ATLAS* и *CMS*. *LHC* е ускорител на частици от типа на колайдърите. В него всеки от двата протонни снопа се ускоряват до рекордната енергия от 7 TeV и след това се сблъскват в 4 точки, в които са разположени детекторите (*ATLAS*, *CMS*, *LHCb*, *ALICE*). При ударите се отделя голяма енергия и се раждат голям брой нови частици. Тези частици се регистрират и анализират от детекторите. 7 TeV е максималната енергия, която могат да получат протоните в *LHC*. Тази максимална енергия не беше постигната изведнъж, а постепенно, стъпка по стъпка, като резултат от настройването и оптимизирането на работата на системите на ускорителя. *LHC* започна работа на 10.09.2008 г. През 2009 г. енергията на протон е 1,18 TeV. През 2010 г. тя се увеличава на 3,5 TeV, през 2012 г. на 4,0 TeV и през 2015 г. на 6,5 TeV.

LHC е разположен в подземен тунел с формата на окръжност с дължина 26,7 km (Фигура 1).

Този колайдър е част от веригата от свързани един с друг ускорители, образуващи ускорителния комплекс на *CERN* (Фигура 2).

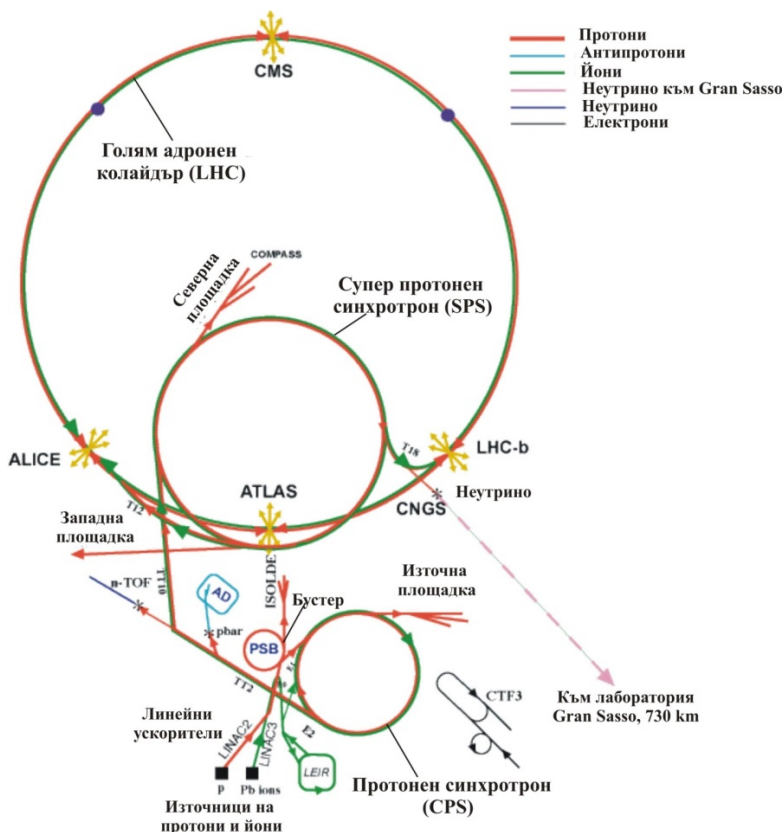
Това е своеобразно „щяфетно бягане“ – всеки следващ ускорител повишава енергията на протоните до ново по-високо ниво: 50 MeV → 1,4 GeV → 26 GeV → 450 GeV → 7 TeV.

Разбира се, с откриването на бозона на Хигс – последната тухла в зданието на Стандартния модел, развитието на физиката на елементарните части-

ци не приключва. Усилено се дискутира построяването на колайдър с много по-висока енергия от тази на *LHC*. Такъв колайдър би помогнал за по-фундаменталното разбиране на законите на природата и за това как е еволюирала Вселената след Големия взрив.



Фигура 1. Големият адронен колайдър (*LHC*)



Фигура 2. Ускорителният комплекс на CERN

Адронен колайдър с енергия 100 TeV ще даде възможност да се произведат милиарди Хигс бозони и трилиони топ кварки. Това ще позволи детайлно да се изучат свойствата на Хигс бозона и да се регистрират много редки разпади на Хигс бозона и на топ кварките. Сравняването на предсказанията на Стандартния модел и резултатите от измерванията ще позволи структурата на Стандартния модел да се тества с висока прецизност при тази безпрецедентно висока енергия.

Самият Стандартен модел оставя все още много въпроси без отговор. На какво се дължи наблюдаваната асиметрия между материя и антиматерия? Каква е природата на тъмната материя? Съществува ли само един бозон на Хигс или има и други, по-тежки Хигс бозони?

Механизмът на нарушаване на електрослабата (EW) симетрия също се нуждае от детайлно изучаване.

100 TeV адронен колайдър ще позволи да се търсят нови фундаментални частици, с един порядък по-тежки от тези, които могат да се създадат в LHC . Той може да се окаже ключът към дългоочакваната „нова физика“, отвъд предсказанията на Стандартния модел.

Накратко за колайдърите

За да се осъществи една ядрена реакция, атомното ядро се бомбардира с частици, движещи се с голяма скорост, т.е. притежаващи голяма кинетична енергия. Тъй като събитията в микросвета са редки, то броят на бомбардиращите частици трябва да е достатъчно висок. Само така ще могат да се направят статистически достоверни изводи. Интензивни потоци, или както е прието да се казва снопове от частици, движещи се с големи скорости, се създават в ускорителите на частици. В ускорителите за придаването на голяма кинетична енергия на частиците се използват електрични полета. Те се създават в устройства, наречени ускоряващи резонатори. И тъй като на практика не могат да се получават много силни електрични полета, ускоряваните частици се пропускат многократно през едно и също електрично поле. Така работят т.нар. циклични ускорители.

В един цикличен ускорител орбитата на частиците е една затворена крива, близка до окръжност. За закривяване на траекторията на частиците се използва магнитно поле, което е насочено перпендикулярно на равнината на орбитата. В това магнитно поле върху частиците действа силата на Лоренц $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$, където q е заряда на частицата, v – нейната скорост и B е индукцията на магнитното поле. Силата на Лоренц променя само посоката на скоростта, но не и нейната големина. В цикличните ускорители силата на Лоренц играе ролята на центроостремителна сила. От равенството между центроостремителната и центробежната сили се получава едно просто, но много важно съотношение между импулса на частиците p , индукцията на магнитното поле B и радиуса на орбитата ρ :

$$p = qBr \quad (1)$$

От тази формула се вижда, че по-висока енергия на частиците в един ускорител означава по-силно магнитно поле и/или по-голям радиус на орбитата, т.е. по-големи размери и цена.

Първоначално магнитното поле на цикличните ускорители се е създавало от електромагнити с феромагнитна сърцевина. В тях силата на магнитното поле е ограничена до $B_{max} = 1,8 - 2,0$ Т, когато настъпва насищане на феромагнетика и магнитната проницаемост започва бързо да спада.

За постигането на по-силни магнитни полета ($B_{max} = 4,5 - 8,0$ Т) се използват магнити, в които намотките са от свръхпроводящ материал. В тези магнити отсъства магнитопровод, а конфигурацията на магнитното поле (диполна, квадруполна, секступолна) се постига чрез подходящ подбор на плътността на тока в намотките. Тъй като съпротивлението на свръхпроводника е равно на нула, през намотките може да се пропуска много силен ток. В магнитите на Големия адронен колайдър (*LHC*) той е 11 800 А. Използват се свръхпроводници от втори род, които позволяват в смесено състояние да се постигнат по-силни магнитни полета. В момента в ускорителните свръхпроводящи магнити се използва интерметалната сплав NbTi. Тя има критична температура 10,6 К и критично магнитно поле $B = 10,2$ Т при 4,2 К. Над тези стойности свръхпроводящото състояние се разрушава. Охлаждането на свръхпроводящите намотки до необходимата много ниска температура става с помощта на течен хелий. Например в *LHC* за охлаждане на свръхпроводящите магнити са необходими 96 тона течен хелий. Самите намотки се охлаждат до 1,9 К. Това позволява да се постигнат магнитни полета с индукция 8,33 Т.

Ускорителите са основни инструменти и във физиката на елементарните частици. Тук гладът за интензивни снопове от частици, ускорени до висока енергия, е още по-голям. Съгласно популярната формула $E = mc^2$ за раждането на нови частици е необходима енергия. Не случайно тази област на науката се нарича „Физика на високите енергии“. Например за откриването на антипротона водородна мишена е облъчвана от протони, ускорени до 6,2 GeV. Ражда се двойка протон-антипротон, съгласно следната реакция: $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$. Това става през 1955 г. в Националната лаборатория на САЩ Бъркли (*LBNL*).

Масата на антипротона е 938 MeV. Следователно за раждането на двойка протон-антипротон ще са необходими 1,876 GeV. Защо тогава за откриването на антипротона са били необходими цели 6,2 GeV енергия, за което в *LBNL* е построен най-големият за времето си протонен синхротрон Беватрон? Работата е в това, че когато движещ се с голяма скорост протон бомбардира неподвижното водородно ядро, което всъщност представлява също про-

тон, това ядро получава откатна скорост. Значителна част от енергията на бомбардиращите протони отива за създаването на кинетична енергия на това откатно движение на ядрата на мишената. От законите за запазване на енергията и импулса може да се получи израз за „полезната“ част от енергията на налитащите протони, т.е. за тази енергия, която се използва за създаването на нови частици:

$$T_a = \sqrt{2 T m_p c^2} \quad (2)$$

където T е кинетичната енергия на бомбардиращите протони, а T_a е „полезната“ част от тази енергия. Тази формула е за водородна мишена, облъчвана със сноп от протони, ускорени до висока енергия ($T \gg m_p c^2$). Експерименти, при които мишена се облъчва със сноп от ускорени до висока енергия частици, се наричат експерименти с фиксирана мишена. Вижда се, че в този случай енергията на ускорителя се използва неефективно.

Възниква идеята вместо мишената да е неподвижна, тя да се движи със същата скорост срещу бомбардиращия сноп частици. Ако два протона се движат един срещу друг с еднаква скорост, общият импулс на системата е равен на нула и след удара между тях не възниква откат. Идеята е два снопа частици да се ускорят до необходимата енергия, като при това се движат по своите орбити в противоположни посоки (по и срещу часовата стрелка) и след това да се сблъскват в една или няколко точки, в които са разположени детекторите. В този случай цялата енергия на двата снопа отива за създаването на нови частици:

$$T_a = 2 T \quad (3)$$

Ускорители, работещи на този принцип, се наричат ускорители с насрещни снопове или колайдъри. В колайдърите енергията на ускорените частици се използва максимално ефективно.

За да могат да се реализират голям брой удари между частиците, двата снопа трябва да имат голям интензитет и в областта на удара между частиците да са фокусирани до много малки размери. Така например в *LHC* токът на всеки от двата протонни снопа е 530 mA, а в точките на ударите между сноповете те се фокусират до напречен размер 15,9 x 15,9 (μm x μm).

Един цикличен колайдър се състои от един или два магнитни пръстена. Тъй като частиците се въртят по своите орбити много бързо, те ще осъществяват хиляди сблъсквания в секунда и това обезпечава достатъчен брой събития, необходими за една представителна статистика. Когато в колайдъра се сблъскват частица и нейната античастица ($e^- - e^+$, $p - \bar{p}$), се използва един магнитен пръстен, а когато се сблъскват идентични частици ($p - p$, йон – йон), се използват два отделни пръстена.

Няма физични причини, които да ограничават максималната енергия на един колайдър. Ограниченията са финансови.

От една страна, тъй като не могат да се създадат много силни магнитни полета, от (1) следва, че по-висока енергия на колайдъра означава по-голям радиус на кръговата орбита, т.е. по-големи размери и цена на ускорителя. Така например *LHC* струва 2,86 млрд. евро, а заедно с детекторите, реконструкцията на съществуващите ускорители и изчислителния комплекс тя достига 3,76 млрд. евро. Много високи са и експлоатационните разходи за колайдъра и детекторите – около 1 млрд. евро за година.

От друга страна, тъй като в цикличните колайдъри частиците се движат по кръгова орбита, те изпитват силно ускорение (центростремително). Както е известно от електродинамиката, всеки ускорено движещ се електрически заряд излъчва електромагнитно лъчение. Електромагнитното лъчение, което се излъчва от заредени частици, движещи се със скорости близки до скоростта на светлината в напречно магнитно поле, се нарича синхротронно лъчение. Мощността на синхротронното лъчение е изчислена още през 1898 г. от А. Ленард. Тя се дава с формулата:

$$P = \frac{q^2 c}{6\pi \epsilon_0} \frac{\beta^4 \gamma^4}{\rho^2} \quad (4)$$

където ρ е радиусът на кривината на орбитата, $\beta = v/c$, $\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$. Тъй като $\gamma = E/m_0 c^2$, където E е пълната енергия на частицата, m_0 е масата ѝ в покой, излъчваната мощност е обратно пропорционална на четвъртата степен на масата на частицата. Следователно синхротронното лъчение е особено интензивно при леки частици (електрони, позитрони). Така например в електрон-позитронния колайдър *LEP* (*Large Electron-Positron collider*), който работеше в *CERN* до 2002 г., и в който се сблъскваха електрони и позитрони при енергия 100 GeV, мощността на синхротронното лъчение достига 34 MW!

Загубата на енергия от ускоряваните частици за синхротронно лъчение трябва да се компенсира с приток на външна енергия. Това става чрез ускорящите частицата електрични полета. За тази цел в *LEP* се използват 328 ускоряващи резонатора. Към всеки един от тези резонатори се подават 125 kW от външен генератор. Общото ускоряващо частиците напрежение е 2740 MV. Строителството на циклични електрон-позитронни колайдъри за по-висока енергия става икономически неефективно.

Различно е положението при адронните колайдъри ($p-p$, $p-\bar{p}$). Тъй като протоните са тежки частици, при тях синхротронното лъчение е слабо. С повишаване на енергията на колайдъра обаче положението започва да се променя – мощността на синхротронното лъчение е пропорционална на четвъртата степен на енергията. Така например в *LHC* протоните губят 7 keV енергия за едно завъртане по орбитата. Общата мощност на синхротронното лъ-

чение в *LHC* е 7,2 kW. Синхротронното лъчение, излъчвано от ускоряваните частици, облъчва компонентите на свръхпроводящите магнити и вакуумната камера на ускорителя и ги загарява. За поддържането на много ниската температура, при която може да съществува свръхпроводящото състояние, е необходимо допълнително охлаждане. Мощността на инсталациите, произвеждащи течен хелий, значително нараства. Това оскъпява експлоатацията на ускорителя. При *LHC* топлинното натоварване върху вакуумната камера на ускорителя достига 0,2 W/m. Криогенната система на *LHC* все още успява да се справи с това предизвикателство и да поддържа необходимата температура от 1,2 K. Но при много по-висока енергия на колайдъра топлинното натоварване върху вакуумната камера, дължащо се на синхротронното лъчение, става сериозен проблем.

Проектът „Бъдещ Цикличен колайдър“ (*FCC*)

По-висока енергия на колайдъра означава възможност за раждането при ударите между ускорените протони на нови, по-тежки частици, т.е. евентуално за откриването на „нова физика“. За да не стане цената на ускорителя астрономически висока, за постигането на по-висока енергия на колайдъра трябва да се използва по-силно магнитно поле. Както вече беше казано, това магнитно поле заставя частиците да се движат по кръгова орбита и ги фокусира към нея. За целта в магнитите на новия колайдър трябва да се използва свръхпроводник с по-високи критични параметри.

Използването на свръхпроводящи магнити с по-силно поле позволява и по-силното фокусиране на частиците в точката на ударите между тях. Колкото е по-малко сечението на сблъскващите се снопове в зоната на ударите, толкова ще е по-голяма тяхната плътност и толкова повече удари ще се реализират. Това прави работата на колайдъра по-ефективна. Ефективността на един колайдър се изразява с неговата светимост L . Това е коефициентът на пропорционалност между броя на регистрираните събития в секунда dN/dt и сечението на изследвания процес σ :

$$\frac{dN}{dt} = L \cdot \sigma \quad (5)$$

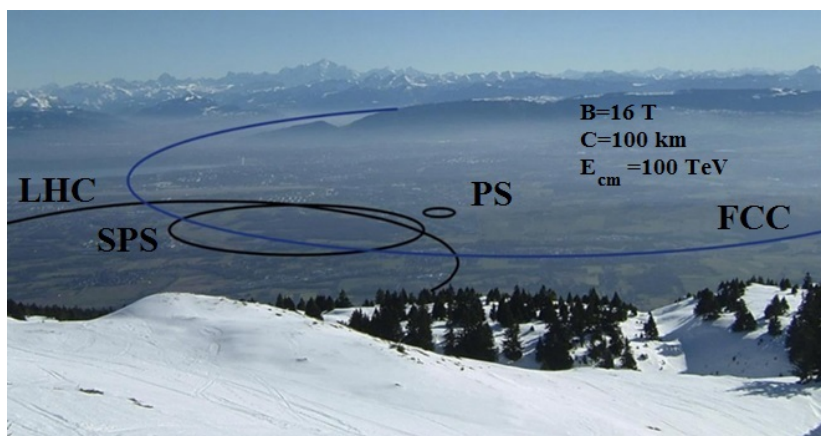
Светимостта се измерва в $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Тъй като за създаването на *LHC* са изразходвани огромни човешки и финансови ресурси, разумният подход е възможностите на ускорителя да се използват максимално пълно. В ход е мащабна реконструкция на колайдъра, която цели да се повиши ефективността на неговата работа. Тя е наречена *HL-LHC* (*High Luminosity-Large Hadron Collider*). Предвижда се светимостта на колайдъра да се увеличи от $L = 10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ до $L = 10^{35}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, което ще позволи да се регистрират десет пъти повече събития. Това ще подобри статистиката на измерванията и ще открие възможности да се регистрират и много

редки събития. За целта значителен брой свръхпроводящи магнити ще бъдат подменени с по-силни, което ще позволи в зоната на ударите протонните снопове да се фокусират допълнително, така че да имат по-малко напречно сечение. Значителна модернизация ще претърпят всички ускорители от веригата, свързаните ускорители на *CERN*, а също и детекторите *ATLAS* и *CMS*. Предвижда се обновеният *LHC* да работи до 2037 г.

От първото предложение за *LHC* през 1983 г. до неговото построяване и започване на работа през 2008 г. минават почти 30 години. Това изисква още днес научната общност да помисли в каква посока ще се развива физиката на високите енергии през следващите десетилетия.

Едно от предложенията е на площадката на *CERN* да се построи нов адронен (p-p) колайдър с енергия 100 TeV. Той ще бъде разположен в подземен тунел с дължина 100 km. Този нов колайдър е наречен *Future Circular Collider (FCC)* (Фигура 3).



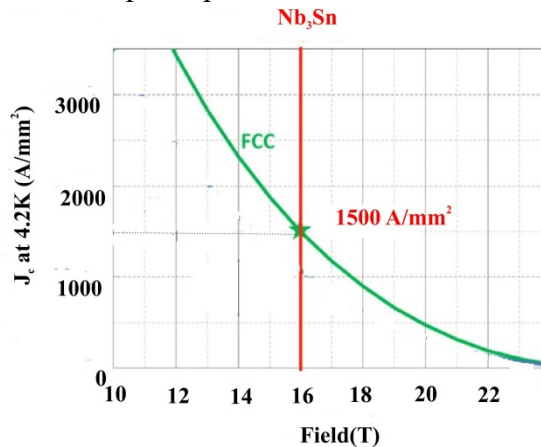
Фигура 3. Бъдещият цикличен протонен колайдър (*FCC*) в *CERN*

Като кандидат за свръхпроводящ материал за магнитите на *FCC* се разглежда сплавта Nb_3Sn . Тя има по-висока критична плътност на тока (Фигура 4).

Основен проблем при *FCC* е много силното синхротронно лъчение. То създава голямо топлинно натоварване върху вакуумната камера на ускорителя от 30 W/m. Общото топлинно натоварване достига 5 MW. Това изисква криогенна система с мощност 100 MW! За да се намали ефектът на синхротронното лъчение, във *FCC* се предвижда сложна конструкция на вакуумната камера и система от топлинни екрани. Използва се обстоятелството, че синхротронното лъчение е локализирано в равнината на орбитата на частиците.

На 15 януари т.г. беше публикуван общият проект на колайдъра (*Conceptual Design Report*) – <https://fcc-cdr.web.cern.ch>, а Съветът на *CERN* трябва да

се произнесе по него през май 2020 г. Ориентировъчната цена на новия колайдър се оценява на 10 млрд. евро.



Фигура 4. Критична плътност на тока за свръхпроводник Nb_3Sn . Над тази стойност той преминава в „топло“ състояние

Международният линеен електрон-позитронен колайдър (ILC)

Огромните загуби на енергия за синхротронно лъчение при цикличните електрон-позитронни колайдъри се избягват в линейните колайдъри. Един линеен колайдър се състои от два големи линейни ускорителя. Единият линеен ускорител ускорява електроните, а вторият линеен ускорител ускорява позитроните. Двата ускорителя са разположени един срещу друг и ускорените частици се сблъскват в една единствена точка. Нещо като две оръдия, стрелящи едно срещу друго. Електроните (позитроните) се ускоряват от бягаща електромагнитна вълна. Тази вълна захваща електроните (позитроните), които „сърфират“ върху нея. В линейните ускорители електроните и позитроните се движат по права линия и отсъства синхротронно лъчение. Цената, която трябва да платим, е много по-малката честота на сблъскване на сноповете. Един линеен ускорител работи импулсно и честотата на следване на импулсите е от порядъка на 100 Hz. В същото време в цикличните колайдъри честотата на въртене на частиците по орбитата и следователно на ударите между тях е от порядъка на 100 kHz, т.е. 10^3 пъти по-голяма. За да се запази порядъкът на вероятността за взаимодействие между електроните и позитроните, трябва пропорционално, т.е. 10^3 пъти, да се намали напречното сечение на сноповете. За да се постигне това, в точката на ударите между тях, електронният и позитронният снопове се фокусират до напречно сечение $1 \mu m \times 1 \mu m$ и по-малко.

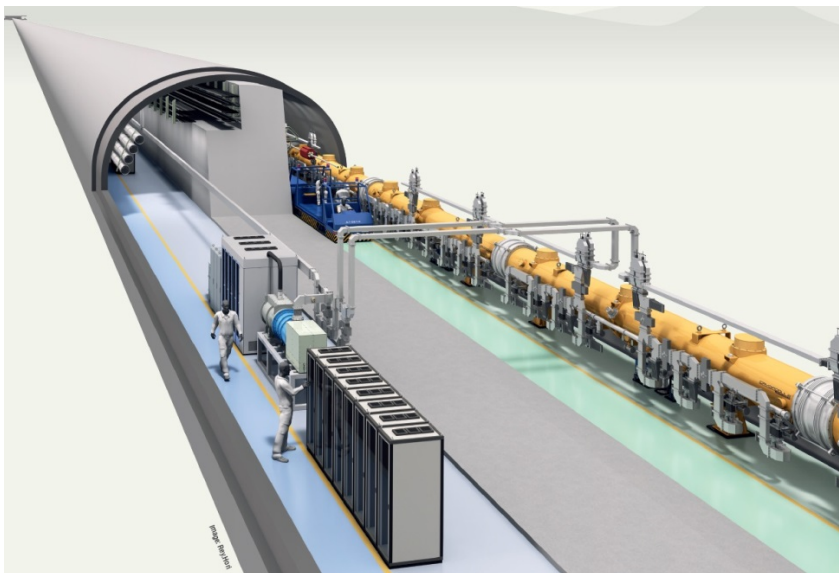
И така, причината при висока енергия да се предпочитат линейните e^-e^+ колайдъри пред цикличните е чисто икономическа. Оценено е (B. Richter), че докато цената на цикличните e^-e^+ колайдъри расте пропорционално на квад-

рата на енергията ($\sim T^2$), то цената на линейните e^-e^+ колайдъри расте само линейно с енергията ($\sim T$). Счита се, че при енергии на снопа $T > 200 \text{ GeV}$ линейните e^-e^+ колайдъри са по-ефективни и по-евтини от цикличните.

Адроните са съставни частици. При удара между два движещи се един срещу друг адрона енергията се разпределя между съставлящите ги кварки и глюони. Това затруднява анализирането на продуктите на реакцията, не на последно място и поради интензивния фон от силно взаимодействащи частици. От своя страна, лептоните са точкови (фундаментални) частици. Това прави анализа на взаимодействието между два лептона по-лесно. Също така могат да се създават електронни и позитронни снопове с висока степен на поляризация, което позволява да се изследват спинови ефекти.

Всъщност адронните и лептонните колайдъри се допълват. Докато адронните колайдъри залагат на рекордната енергия на частиците, предимството на лептонните колайдъри е във възможността за провеждането на прецизни измервания на свойствата на новите частици.

Под егидата на Международния комитет за бъдещи ускорители (*ICFA*) се организираха редица големи международни обсъждания, в които надделя мнението, че ще е полезно да се построи голям линейен електрон-позитронен колайдър с енергия в СЦМ 500 GeV . За този колайдър се утвърди името *ILC* (*International Linear Collider*). От самото начало стана ясно, че *ILC* е грандиозно начинание, което ще изисква обединение на научните, технологичните и финансовите усилия на водещите страни на Европа, Америка и Азия. В момента в разработването на *ILC* участват 325 научни институции от три континента.



Фигура 5. Международният линейен електрон-позитронен колайдър (ILC)

През 2004 г. на голяма международна конференция (*International Technology Recommendation Panel*) беше избрана технологията, по която ще бъде построен новият колайдър. В момента са разработени и изпитани прототипите на всички компоненти на колайдъра. За място на новия колайдър е избрана Япония.

Остава вечният въпрос – кой ще плати сметката? Очаква се окончателното решение на японското правителство. Ако то е положително, Япония, като страна домакин, ще трябва да покрие значителна част от стойността на новия ускорител.

В *ILC* електроните и позитроните ще се ускоряват в два разположени един срещу друг линейни ускорителя до 250 GeV. Дължината на всеки ускорител ще бъде 11 km. Тези ускорители ще се разполагат в подземен тунел. Светимостта на колайдъра се предвижда да бъде $L = 2,10^{34} \text{ cm}^{-1}\text{s}^{-1}$. За да се постигне тази висока светимост, електронният и позитронният снопове ще се фокусират в точката на ударите до хоризонтален размер от 640 nm и вертикален размер от само 5,7 nm! Целият ускорителен комплекс ще има дължина 35 km. Пълната консумирана от колайдъра мощност се очаква да бъде 230 MW.

Литература

- [1] Д. Динев. Ускорители на частици. Издателство на БАН „Проф. М. Дринов“, 2018
- [2] Physics at the FCC-hh, a 100 TeV pp collider. CERN Yellow Report, CERN-2017-003-M, Editor: M. Mangano, 2017
- [3] M. Benedikt, F. Zimmermann. Status of the Future Circular Collider Study. Proceedings of RuPAC'2016, St. Petersburg, 2016, pp. 34-38
- [4] The International linear Collider. Technical Design Report. 2013, <http://www.linearcollider.org>

HIGH ENERGY PHYSICS BEYOND THE LARGE HADRON COLLIDER

Dinko Dinev

After the fascinating discovery of the Higgs boson in 2012 by the Large Hadron Collider, still many questions about the nature of microcosmos and the evolution of the early Universe remain unanswered. To address these questions the international physical community discusses building a new, much higher energy collider. One idea is to build a new 100 TeV hadron collider at CERN, the other – to build 500 GeV linear electron-positron collider in Japan. Both proposals are described in this paper.

НОВИТЕ ДЕФИНИЦИИ НА МЕРНИТЕ ЕДИНИЦИ

Метролозите са готови да променят начина, по който учените да измерват Вселената.

Създаването на десетичната метрична система по време на Френската революция и депозирането на два платинени стандарта, представляващи метъра и килограма, на 22 юни 1799 г. в Архивите на републиката в Париж, е първата стъпка в развитието на сегашната Международна система от единици СИ (SI).

Тези единици, заедно с астрономическата секунда (на основа на средния слънчев ден) като единица време, представляват механична система единици. След въвеждането на ампера, келвина и канделата като единици съответно за електричен ток, термодинамична температура и интензитет на светлината, през 1960 г. се установява система за мерните единици *Système International d'Unités* със съкращението SI. През 1971 г., с въвеждането на мола – единицата за количество вещество, SI получава своя завършен вид.

В последните години бяха положени значителни усилия за свързването на единиците на SI с непроменящи се величини, каквито са фундаменталните физични константи, свързани със свойствата на атомите. Признавайки важността на свързването на SI единиците с такива непроменящи се величини, 26-ата Генерална конференция по теглилки и мерки ратифицира ново определение на системата SI, основаващо се на използването на набор от седем такива константи като отправна точка за дефинициите.

Новите дефиниции на мерните единици са вече готови. При най-голямата досега ревизия на Световната система за мерни единици от създаването ѝ през 1960 г., е сформирана комисия, която да предефинира четири от основните единици – ампер, килограм, келвин и мол. За тяхното дефиниране тя ще използва връзките на тези единици с фундаментални константи вместо определянето им чрез абстрактни или произволни определения. От 16 до 20 октомври 2017 г. Международното бюро по мерки и теглилки прегледа тези планове на свое събрание близо до Париж. През ноември 2018 г. неговите препоръки бяха приети на Генералната конференция по мерки и теглилки, която преразгледа системата СИ. Промените (Фигура 1) ще влязат в сила през май 2019 г.

Килограмът в момента е дефиниран като масата на парче метал, което се пази затворено в сейф в Париж. Единицата за големина на електричния ток – амперът, е дефинирана чрез въображаем експеримент, който разглежда силата, действаща между два проводника с безкрайна дължина. В бъдеще тези

две величини ще бъдат пресмятани чрез връзките им с физични константи. Например амперът ще бъде дефиниран на основа на заряда на електрона.

Предефинирането на тези единици може да не повлияе в ежедневните измервания, но ще позволи на учените, чиято работа изисква най-високо ниво на прецизност, да го постигат по различни начини, на всяко място или по всяко време и на всяка скала без загуба на точност.



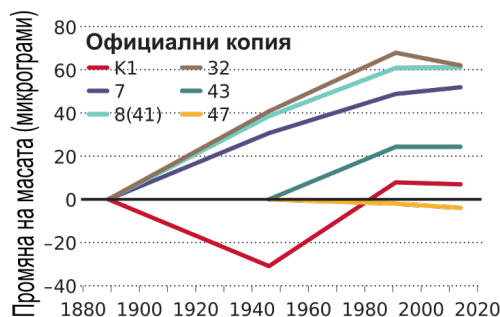
Фигура 1. Новите мерни единици в система СИ

ПРОМЕНИТЕ

Съгласно новата система СИ всяка единица ще бъде дефинирана по отношение на физична константа, чиято стойност ще бъде фиксирана. Много от единиците ще бъдат определени, свързани една с друга: например дефиницията на килограма ще изисква константата на Планк и дефинициите на секунда и метър.

ПРОБЛЕМЪТ

Според метролозите съществуващите дефиниции на мерните единици в системата СИ са достатъчни при стандартни измервания, но за екстремни измервания в рамките на модерната наука те се оказват неподходящи средства. Използването на тези единици, базирани на специални случаи или материали, може да бъде източник на проблеми и неточности.



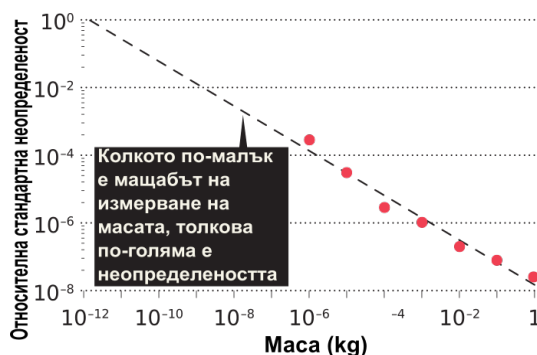
Фигура 2. Промяна на масата във времето

НЕСТАБИЛНИЯТ КИЛОГРАМ

Понастоящем килограмът е дефиниран като масата на парче сплав от иридий и платина, което се пази затворено в сейф в Париж. Тъй като обектите могат много лесно да губят атоми или да абсорбират молекули от въздуха, използването на такъв еталон за дефиниране на единица в СИ е проблематично. Оказва се, че в сравнение с прототипа в Париж някои негови официални копия са натрупали поне 50 микрограма за един век.

ВЪПРОСЪТ С МАЩАБА

Когато дадена единица е дефинирана във фиксиран мащаб, то тогава колкото повече се отдалечаваме от дадената точка, толкова повече расте неопределеността. Сега например измерванията в милиграми имат минимална относителна неопределеност, която е 2500 пъти по-голяма от тази на килограма. Този проблем не съществува при предложената нова система, която се базира на използването на физични константи за дефиниране на единици.

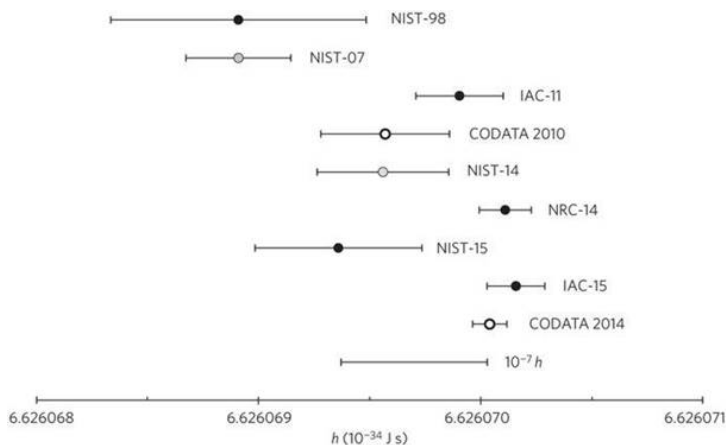


Фигура 3. Относителна неопределеност на масата

МЕТОДИТЕ

Съществен прогрес е постигнат при свързване на СИ единиците с истински инвариантни величини като основните физични константи и свойствата на атомите.

В новата „поправена“ система СИ учените ще могат да използват различни експерименти за да свържат фундаментални константи към всяка от измерителните единици. Този процес изисква уточняване на стойностите им. Данни се публикуват от *CODATA* (*Committee on Data for Science and Technology*) – групата за фундаментални константи. Пример за уточняване на стойността на константата на Планк на *CODATA* и *NIST* (*National Institute of Standards and Technology*) е даден на Фигура 4.

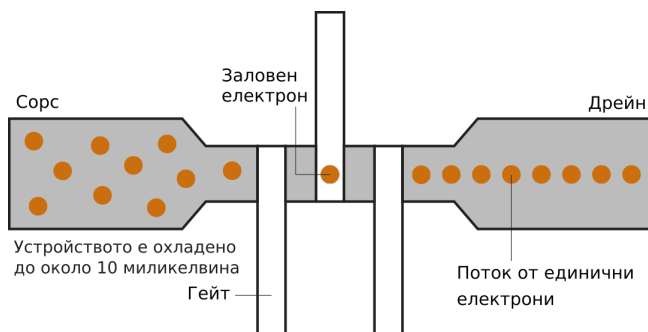


Фигура 4. Уточняване на стойността на константата на Планк

АМПЕРЪТ: ПОМПАТА С ЕДИНИЧНИ ЕЛЕКТРОНИ

Електронната помпа, използвана за измерването на заряда на електрона, може да се превърне в инструмент за определянето на ампера. Чрез захваща-

не на единични електрони, докато те се движат през проводник, тази помпа може да генерира измерим ток, като брои тези единични електрони.

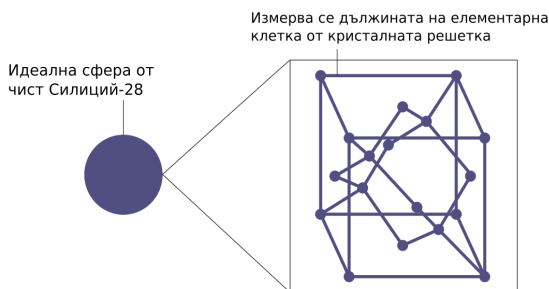


Фигура 5. Определяне на ампера

МОЛ: СИЛИЦИЕВАТА СФЕРА

Като устройство, което дава на учените числото на Авогадро (мол), тази силициева сфера предлага модерен начин за измерване на количеството вещество. При този метод се определя точният брой атоми в кристалната решетка на чист силиций-28.

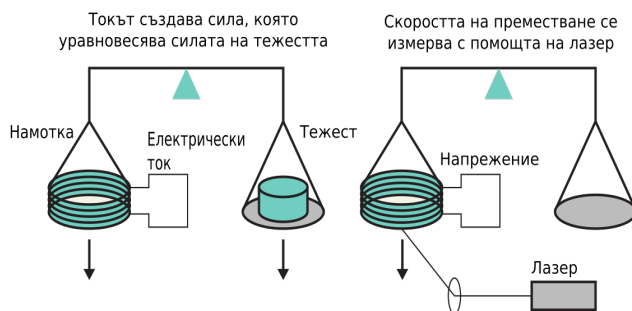
Изследователите правят това чрез лазери, като измерват дължината на страната на елементарна клетка от кристалната решетка на сферата и средния ѝ диаметър.



Фигура 6. Определяне на единицата за количество вещество

КИЛОГРАМ: ВАТ-ВЕЗНА

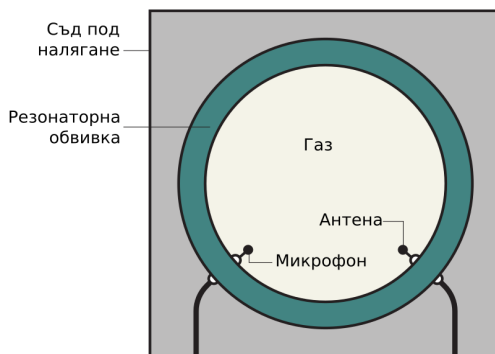
При ват-везната се сравняват механичната сила с електромагнитната, като се използват два различни експеримента. Първо, пропуска се ток през намотка, която се намира в магнитно поле, за да се генерира сила, която уравновесява силата на тежестта на тяло с известна маса. След това намотката се задвижва в магнитното поле, за да се създаде индуцирано напрежение. Чрез измерването на скоростта на движение заедно с експерименталните стойности, които свързват напрежението и тока с константата на Планк, учените могат лесно да определят теглото на тялото в килограми.



Фигура 7. Определяне на единицата за маса

КЕЛВИН: АКУСТИЧНО ИЗМЕРВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА

Тази техника може да се използва за прецизни измервания на температурата. В сфера, напълнена с газ, може да се определи скоростта на звука (която е пропорционална на средната скорост на движение на атомите в сферата) при определена температура, като се анализират честотите на звукови вълни, резониращи вътре в сферата, и като се измери нейният обем.



Фигура 8. Определяне на температурната единица

БЪДЕЩЕТО

Експерименталните екипи са работили десетилетия за постигане на съгласие за стойностите на константите, които да бъдат използвани за дефинициите. Тези стойности е трябвало да отговарят на строги правила, които са изпълнени от екипите, занимаващи се с дефинирането на килограма, едва през 2015 г. Всички екипи са предали последните си графики на 1 юли. При новата система стойностите на тези константи ще бъдат фиксирани като точни числа през май 2019 г. без неопределености. След това предишните им неопределености ще бъдат прехвърлени в измерванията, които използват единиците, вече дефинирани чрез константите. Като следствие от това, други константи, изразени с новите единици, също ще имат намалени неопределености.



Фигура 9. Неопределености на фундаменталните константи и свързаните с тях единици

От това ще „пострада“ масата на прототипа килограм в Париж. Понастоящем той има неопределеност нула, но при новата система ще се увеличи най-малко с десет части на милиард.

Литература

- E. Gibney. *Nature* **550**, 312–313 (2017)
 J.Fischer, Joachim Ullrich, *Nature Physics* **12**, 4–7 (2016)
 P. J. Mohr et al. *Rev. Mod. Phys.* **84**, 1527–1605 (2012)
<https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/2016/12/07/sp330.pdf>

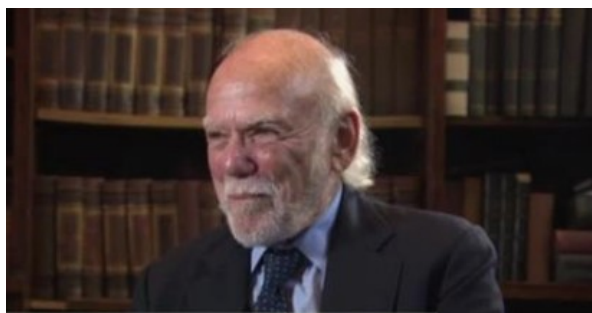
Подбор и превод Ангел Гивечев

THE NEW DEFINITIONS OF THE UNITS OF MEASURE

Selection and translation: Angel Givchev

General Conference on Weights and Measures have announced that four of the base units used in the metric system will be redefined. The kilogram, ampere, kelvin, and mole will then be defined by setting exact numerical values for the Planck constant (h), the elementary electric charge (e), the Boltzmann constant (k), and the Avogadro constant (N_A), respectively. A redefinition of SI basic units is scheduled to come into force on 20 May 2019.

ПРОФ. БАРИ БАРИШ – ДОКТОР ХОНОРИС КАУЗА НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ



Нобеловият лауреат по физика за 2017 г. проф. Бари Бариш бе удостоен с почетното звание „доктор хонорис кауза“ на Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

Предложението за удостояването с почетното звание е на Физическия факултет и е за съществения принос на проф. Бари Бариш за планирането и осъществяването на лазерен експеримент по регистрирането на гравитационни вълни. През 2017 г. проф. Бариш е удостоен с Нобелова награда за физика за върховите си постижения в реализирането на безпрецедентна прецизност на интерферометричните измервания, довели до регистрирането на гравитационни вълни.

Официалната тържествена церемония по удостояването се състоя на 12.12.2018 г. в Аулата на Ректората. Почетният доктор благодари за оказаната му чест, изрази радостта си да бъде в България и отбеляза изключително топлото гостоприемство, на което е свидетел. Проф. Бари Бариш произнесе академично слово на тема: „Айнщайн, черните дупки и гравитационните вълни“. Той посочи, че днес разбираме природата по-добре с фундаменталните открития във физиката, астрономията и космологията. Съвременната наука се развива по различен начин, подчерта проф. Бариш. Най-големите открития през последните години не са направени по стандартния начин в лабораторията. Науката е еволюирала до големи колективи, обединяващи много хора с различни умения и днес сме в състояние да отговорим на въпроси, на които никога не е отговаряно досега, и даде пример с Нобеловите награди по физика през последните няколко години.

„Така започва развитието си една нова наука. Искam да направя аналогия с Галилей. През 1608 година Галилей за пръв път използва нещо различно от човешкото око – леици, с които прави телескоп. Той наблюдава Юпитер и открива 4 спътника. Това е началото на съвременната астрономия. Сега, 400 години по-късно, с много по-мощни телескопи, сме научили много повече за Вселената“, посочи проф. Бариш и добави, че сега имаме друг начин за наблюдаване на Вселената – с гравитационни вълни. Това е началото на възможност да видим много повече от Вселената, отколкото досега. И може би ще отнеме още 400 години, докато разберем напълно Вселената. „Това е само началото“, каза проф. Бари Бариш.

„Така започва развитието си една нова наука. Искam да направя аналогия с Галилей. През 1608 година Галилей за пръв път използва нещо различно от човешкото око – леици, с които прави телескоп. Той наблюдава Юпитер и открива 4 спътника. Това е началото на съвременната астрономия. Сега, 400 години по-късно, с много по-мощни телескопи, сме научили много повече за Вселената“, посочи проф. Бариш и добави, че сега имаме друг начин за наблюдаване на Вселената – с гравитационни вълни. Това е началото на възможност да видим много повече от Вселената, отколкото досега. И може би ще отнеме още 400 години, докато разберем напълно Вселената. „Това е само началото“, каза проф. Бари Бариш.

Д-Р ВИКТОРИЯ АТАНАСОВА С ГРАМОТА ОТ КОНКУРСА НА СУБ` 2018 ЗА НАУЧНИ ПОСТИЖЕНИЯ В ЗАЩИТЕНИ ДИСЕРТАЦИИ



В навечерието на **Деня на народните будители и българските учени**, на станалото традиционно Тържествено събрание в зала „Проф. Марин Дринов“ на БАН бяха връчени отличията на младите учени (до 35 год.), победители в Конкурса на СУБ` 2018 за научни постижения в защитени дисертации. Д-р Виктория Тодорова Атанасова, физик в Института по физика на твърдото тяло, получи грамота за дисертацията си на тема: „Приложение на лазер с пари на меден бромид за реставрация на паметници на културното наследство“.

С дисертацията под ръководството на доц. д-р Маргарита Грозева се поставя началото на първото за България систематично изследване на лазерното почистване за реставрация на паметници на културното наследство. Използвани са различни експериментални лазерни установки и са определени оптималните режими на работа за получаване на качествено почистване на образци, изработени от камък и хартия. Анализирана е също ефективността от почистването. За целта са направени оценки на повърхността преди и след лазерното третиране, като са използвани различни методи: дигитална микроскопия, количествен и качествен рентгено-флуоресцентен анализ и лазерно-индуцирана флуоресцентна образна диагностика. Сравнена е ефективността на почистване при лазерните методи и при други конвенционални техники с механичен и химичен характер. Получените резултати показват редица предимства на лазерните техники като скорост, селективност и контролируемост на процеса. Те имат пряко практическо значение за археологията и реставрацията.

Резултатите са публикувани в 7 статии, 1 от които в списание с импакт фактор, 2 – в сборници от конференции, имат 7 цитирания, докладвани са на 6 международни и 6 – национални конференции.

НОБЕЛОВИТЕ ИНСТИТУЦИИ И РАВЕНСТВОТО В НАУКАТА

Сашка Александрова

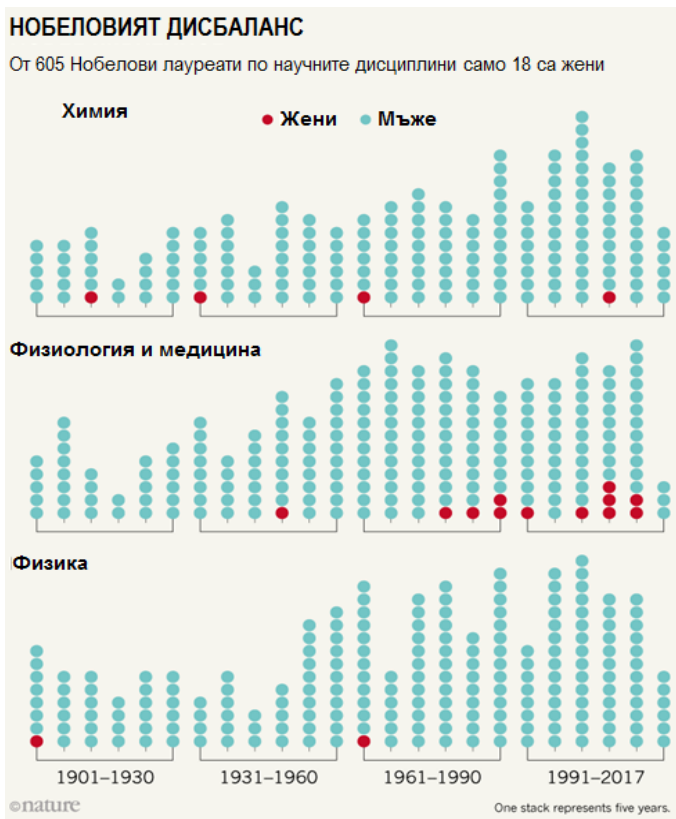
Присъждането на Нобеловите награди в началото на октомври всяка година има широк отзвук сред учените по цял свят, както и сред широката общественост. След обявяването им се дискутират лауреатите, постиженията им, подробности от житейския им път, как са успели да постигнат това, което се е удало на малцина.

Обсъжданията тази година бяха особено интензивни и се появяваха в издания доста далеч от научните. Причината е, че след повече от 50 години сред Нобелистите по физика има жена – Дона Стрикланд. Преди нея са само Мария Кюри (1903) и Мария Гьоперт-Майер (1963). Не е само това. Има жена и сред наградените по химия – Франсис Арнолд. За същото време само една жена е спечелила наградата по химия – Дороти Кроуфут Ходжкин през 1964 г. „за определяне чрез рентгенови методи на структурите на важни биохимични вещества“. Така Франсис Арнолд е втората жена-лауреат за същия период.

Без съмнение Нобеловите лауреати за 2018 г. Дона Стрикланд и Франсис Арнолд са изключителни учени. Те също така са жени. Защитниците на равенството в науката се чувстват раздвоени между радостта за постиженията на тези жени и факта, че тяхната победа не означава, че проблемът с равенството в науката е решен. Денят, когато атрибути като пол, сексуалност или етническа принадлежност на Нобеловите лауреати няма да са от значение, ще бъде знаменателен, но днес не е така.

Неравенството при присъждането на Нобеловите награди е очебийно. Общият брой жени, получили Нобелова награда в научните области, е изключително малък – всичко 19 жени от общо 607 лауреати (включително тези, спечелили две награди). Това означава все още само 3%, или 9% за последното десетилетие (Фигура 1). Това е важно, защото за добро или лошо, Нобеловите награди имат значение. Лауреатите стават научни суперзвезди и модели за подражание. Мнението им се зачита. Наградите показват на обществеността кой е най-добрият от най-добрите. Има опит за обяснение на малкия брой жени-лауреати с факта, че много от наградите са признание за работа, извършена преди доста години – още по времето, когато броят на жените и цветнокожите е дори по-нисък, отколкото е днес. Такова обяснение едва ли отговаря на истината, напр. през 2017 г. за втора поредна година изобщо няма наградени жени. Изследванията многократно показват, че сис-

темните предубеждения остават в науките, а бавните темпове на напредъка са особено очевидни. Всъщност най-същественото е, че наградите са част от система, в която балансът е изместен в полза на бели мъже от Западния свят, а не са просто продукт на тази система.



Фигура 1. Данни за Нобеловите награди по научните дисциплини до 2017 г. Един стек представя данните за 5 години

Този дисбаланс между половете е предмет на нарастващи критики, много от които са насочени към Нобеловите комитети, присъждащи наградите. Алфред Нобел в завещанието си определя основните правила, които регулират условията за определяне на наградите. Победителите по химия, физика и икономика се избират от Кралската шведска академия на науките, а Нобеловата асамблея в Каролинския институт в Стокхолм присъжда наградата за физиология или медицина, като се формират комитети за всяка награда. Комитетите канят изтъкнати учени да номинират хора, от които съставят съответен списък. Организацияте, които определят научните награди, вече започнаха да променят своите номинационни процеси, за да насърчат предлагането на жени и незападни учени. Но не е ясно колко скоро ще се усетят последиците от тези усилия.

В момента твърде малко жени биват номинирани за наградите. Обаче е трудно да се разбере колко малко са предложените, тъй като съгласно подзаконовите актове на Академията, номинациите остават поверителни в продължение на 50 години. За първи път Комитетът на Кралската шведска академия на науките изрично ще призове в писмата, които изпраща до номиниращите, да имат предвид равеността на половете, географията и темата за наградите от 2019 г. и да номинират за изключителни постижения.

Когато говорим за предубеждения и стереотипи, да си припомним следните факти. Когато Мария Гьоперт-Майер е удостоена с Нобеловата награда, съобщение в пресата гласи *„Майка на син и дъщеря печели Нобеловата награда по физика“*. Можем да си помислим, че това е все пак 1963 г. Но през 2018 г., когато са обявени Нобеловите награди, започва усилено търсене на информация за лауреатите. Оказва се че, в Уикипедия за Дона Стрикланд изобщо няма данни. Тогава тя е доцент по физика и астрономия в Университета на Ватерло и бивш президент на Оптичното дружество, но когато потребител на Уикипедия се опитва да създаде профил за нея през март, страницата е отказана. *„Данните за предложението не показват, че темата отговаря на условията за статия от Уикипедия“*, отговаря модераторът. Веднага след обявяването на наградите в Уикипедия е създаден профил с описание на изследванията, биографията ѝ и най-важното – нейните награди. За разлика от Дона Стрикланд, колегата ѝ Жерар Муру, с когото поделя наградата, има страница в Уикипедия още от 2005 г.

Малки промени

Друго предложение също е в процес на разработка. За първи път в писмата за наградите по физика и химия ще се подчертае, че номиниращите могат да предлагат учени за три различни открития, нещо, което, въпреки че и сега е възможно, не е било подчертавано досега, което означава, че може да не е използвано достатъчно. (Вече е допустимо номиниращите да посочват няколко имена за едно откритие).

Преди около две години комитетите, наблюдавани от Кралската шведска академия на науките, започнаха съзнателно да увеличават броя на жените, които имат право да номинират. Така той се увеличи и достигна около 25%. Това е положително, но е малко вероятно да има голямо въздействие, тъй като много проучвания показват, че повлияни от едни и същи културни предубеждения и двата пола са склонни да предпочитат мъжете.

Наградата за физиология и медицина вече показва по-добър резултат: жените съставляват 21% от лауреатите на миналото десетилетие. Асамблеята увеличава броя на жените и младите учени, които тя кани като номиниращи.

Радикални предложения

Направени са предложения за по-нататъшни стъпки, които академиите биха могли да приемат по време на следващата февруарска конференция, организирана от Нобеловите комитети и Борда на Нобеловата фондация.

Предлага се комитетите да оценяват кандидатите, като ги сравняват помежду им, вместо да ги оценяват поотделно. Това помага на оценителите да се съсредоточат върху качеството, а не върху демографските характеристики, което може да намали пристрастията. За усилване на въздействието на вече извършените промени, комисиите следва да изискват учените да правят многократни номинации.

Може да се обмисли едно по-радикално предложение – комисиите биха могли да изискват в техните предложения да има равен брой мъже и жени. Или назначаващите органи биха могли да решат за една година да дадат всички награди на жени. Обратното се е случвало десетки пъти. Малко са обаче нещата, които биха могли да разтърсят научния свят толкова, колкото принуждаването на хората да обмислят научния принос на жените. Едва ли е необходимо да казваме, че това специално предложение не е прието.

Проблемът с Нобеловата награда

Кърт Райс (*Curt Rice*), президент на Университета Метрополитан в Осло и ръководител на Норвежката комисия по равнопоставеност в научните изследвания отбелязва, че мерките за равенство между половете могат да срещнат съпротива, защото някои хора се тревожат, че се рискува намаляване на качеството. Но *„идеята, че в тези области няма достатъчно висококачествени жени, е нелепа“*, казва той.

Гьоран Хансон (*Göran Hansson*), генерален секретар на Кралската шведска академия на науките, казва, че мерките за постигане на равнопоставеност не са за подобряване на статистиката, а за създаване на условия да спечелят най-добрите учени, като гарантират, че изключителните жени не се пренебрегват. Нобеловата награда задължително има дългосрочна перспектива. *„Промените стават бавно, но има яснота със ситуацията и се работи по нея“*, казва той.

Всяко предложение за въвеждане на квоти за малцинствени етнически групи и пол също не би било в съответствие с волята на Алфред Нобел, заяви говорител на Кралската шведска академия на науките. Академията няма планове да публикува данни за демографските данни на номинираните, въпреки че проучванията показват, че повишаването на общественото разбиране за различията би насърчило промените. Хансон отбелязва, че ако настоящите мерки доведат до промени, Академията отново ще разгледа въпроса за равнопоставеността.

Заплаха за репутацията

Според Райс, репутацията на Нобеловите награди ще пострада, ако те не започнат да признават по-добре работата на жените. Трябва се да предприемат действия и при присъждането на други награди. Медалът „Филдс“ по математика бе присъден на жена за първи път през 2014 г., а наградата „Абел“ никога не е присъждана на жена. *„Така че при присъждането на награди има сериозни проблеми“*, казва той. Този факт може да се дължи на стереотипите относно жените и мъжете. Начинът да се нарушават стереотипите е с моделите за подражание. Тайната е в това да има повече жени-победители.

Ходът на историята е в посока равнопоставеност. Много други като Стрикланд и Арнолд, без съмнение, чакат своите Нобелови признания. Победата им е източник на надежда за тези, които идват след тях. Стрикланд казва, че е била третирана като равнопоставена в кариерата си, което трябва да се подчертае. *„Но когато стане така, че присъждането на награда на жена не е толкова необичайно, че да провокира коментар – това ще е поводът за истински празник“*.

Литература

Nature news, 28 september 2018, *Nature* **562**, 19 (2018),
 EDITORIAL 09 OCTOBER 2018, *Nature* **562**, 164 (2018),
<https://www.nature.com/articles/d41586-018-06951-8>
<http://ansnuclearcafe.org/2017/03/13/maria-goeppert-mayer-in-honor-of-womens-history-month/#sthash.y2TGlgew.dpbs>
<https://www.theguardian.com/science/2018/oct/03/donna-strickland-nobel-physics-prize-wikipedia-denied>

NOBEL INSTITUTIONS AND DIVERSITY IN SCIENCE

Sashka Alexandrova

The Nobel prize-awarding institutions are making changes to their secretive nomination processes to tackle bias, but maybe the measures don't go far enough. The bodies that govern the Nobel prizes have much to do when it comes to increasing diversity among laureates.

НАУЧНИ СТАТИИ, КОИТО ИЗДЪРЖАТ ТЕСТА НА ВРЕМЕТО

По-малко от две от всеки 10 000 научни статии запазват влиянието си в съответната научна област десетилетия след публикуването им, както показва анализ на пет милиона статии, публикувани между 1980 и 1990 г.

Този вид статии представляват „раменете, върху които се базира останалата част от изследванията“, счита социологът по наука в Дружеството „Макс Планк“ в Германия, Лутц Борнман (*Lutz Bornmann*), който, заедно с колеги от Китай, е съавтор на изследване, публикувано в списание *Journal of Documentation*. Докато повечето статии се характеризират с постепенно спадане на броя на цитатите от две до три години след публикуването, то статиите, идентифицирани от Борнман, продължават да събират голям брой цитати десетилетия след публикуването. Това предполага, че те създават основите за много области на науката.

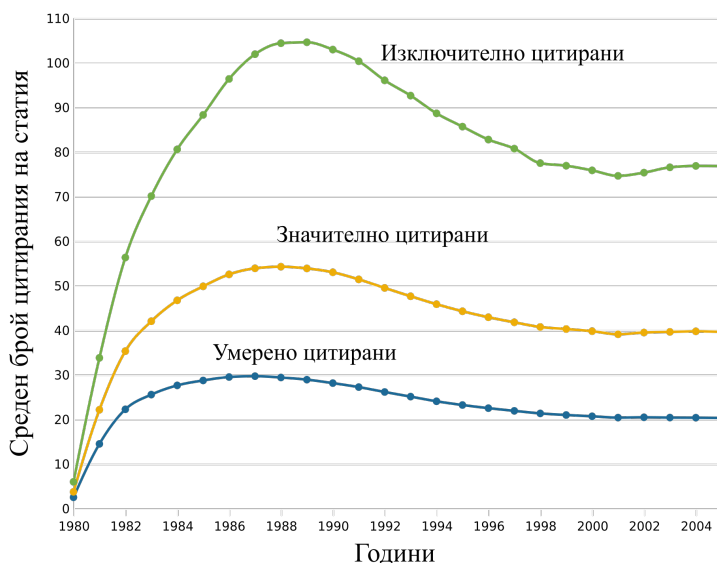
За да идентифицират тези вече станали класически статии, изследователите анализират въздействието на научните статии, публикувани между 1980 и 1990 г., за период от 25 години. Те ги категоризират като умерено, значително, или изключително много цитирани, въз основа на това колко по-висока е цитируемостта им спрямо средната в съответната област.

От петте милиона статии само 1013 запазват значителна цитируемост, което означава, че те поддържат голям брой цитати в продължение на десетилетия след публикуването им. Една малка част от тях – 40 статии – се открояват като изключително много цитирани, голяма част от които са в областта на химията, вътрешната медицина, биохимията и молекулярната биология. Около 80% от тези значителни статии са създадени от изследователи, работещи в САЩ.

Основополагаща наука

Изключителните статии продължават да събират голям брой цитати дълго след публикуването им (Фигура 1).

Борнман подчертава, че такава оценка представлява лесен начин да се определят научните изследвания, които бележат важен скок в дадена област. Научният прогрес, според него, до голяма степен се базира на открития, които се оказват влиятелни в дългосрочен план, но оценките на изследванията често се определят от показатели, които обхващат по-кратки срокове. Импакт факторът на списанията (*The Journal Impact Factor*) например проследява средния брой цитати до две години след публикуването на дадена статия.



Фигура 1. Цитируемост по години

Според Майкъл Хазоглу (*Michael Hazoglou*) от Калифорнийския университет в Сан Диего, подходът на Борнман може да пропусне статии, които всъщност са имали трайно въздействие в дадена област.

Хазоглу анализира 151 082 статии от *Physical Review*, за да определи как броят на цитиранията се променя с течение на времето. Той установява, че някои статии събират малко цитати през първите няколко години след публикуването, но в следващите години броят им започва да расте. За други статии цитатите се покачват бързо, но се понижават скоро след като достигнат своя връх.

Хазоглу също така посочва, че някои статии бързо се превръщат в стандартно знание и цитируемостта им намалява, тъй като започват да се цитират в учебници.

По-долу са дадени най-важните ключови статии според анализа на Борнман.

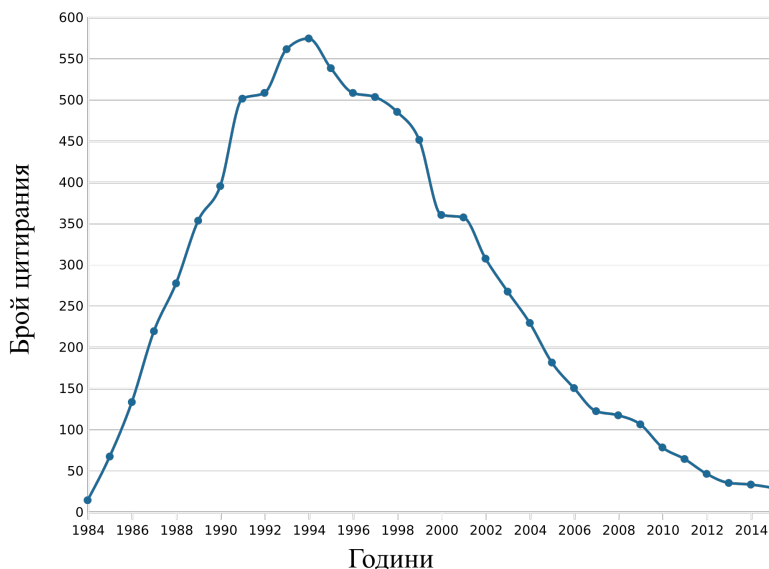
Геномното секвениране

Статията от 1984 г. на Джордж Чърч и Уолтър Гилбърт за първия метод за директно геномно секвениране достига максимум цитирания през 1994 г. (Фигура 2), когато методът се използва за секвениране на бактериален геном.

В края на 70-те години генетикът Джордж Чърч започва да работи съвместно с носителя на Нобелова награда биохимика Уолтър Гилбърт. Резултатите водят до статия, която ще промени лицето на геномиката. Използвайки миша ДНК, екипът в Харвардския университет разработва първия метод за директно секвениране на генома. Техниката е евтина, бърза и може да иден-

тифицира специфични последователности в ДНК с по-голяма точност от предишните методи, без да е необходимо клониране.

Десетилетие след неговото развитие методът се използва за секвениране на целия геном на патогенни бактерии. „Надявах се, че той ще бъде успешен, но очаквах бързо да бъде заменен с друг“, казва Чърч.



Фигура 2. Джордж Чърч и Уолтър Гилбърт (George Church and Walter Gilbert), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1984

Методът се използва с минимални промени до 1997 г. и полага основите за следващо поколение секвениране, което позволява на изследователите да селектират цели геноми в един единствен експеримент. Резултатите проправиха също така пътя на проекта за разчитане на човешкия геном.

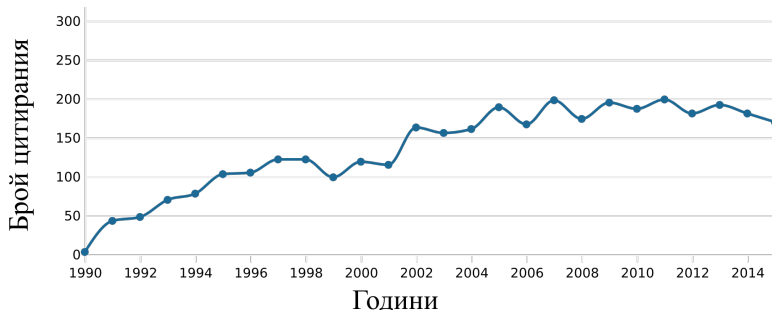
Природата на π - π взаимодействия

Статия от 1990 г. на Крис Хънтър и Джеръми Сандърс (Chris Hunter and Jeremy Sanders) предлага просто обяснение за поведението на ароматните пръстени, проправящо пътя за разработване на лекарства. Статията продължава да събира цитати от публикуването си насам.

От спиралната форма на ДНК до кристалните материали, голям брой различни структури се определят от взаимодействията между кръгови молекули, наречени ароматни пръстени. Известни като π - π взаимодействия, тези явления са от съществено значение за разработването на лекарства и полупроводникови материали.

Въпреки важността на тези π - π взаимодействия, учените в областта на надмолекулярната химия нямаха обяснение за характера им. През 1990 г. хи-

миците Крис Хънтър и Джереми Сандърс публикуват резултати, които разкриват, че взаимодействията се управляват от локалната електростатика.

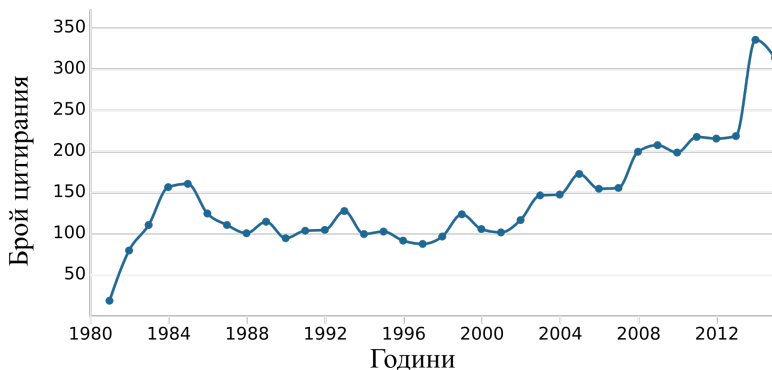


Фигура 3. **Крис Хънтър и Джеръми Сандърс** (*Chris Hunter and Jeremy Sanders*), *Journal of the American Chemical Society*, 1990

„Това беше първото просто обяснение за взаимодействието между ароматните пръстени“, казва Хънтър, който понастоящем оглавява Хънтър Груп в университета в Кеймбридж. Той казва, че резултатите са използвани за разработване на ефективни методи за оценка на взаимодействието лекарство-рецептор.

Инфлационната Вселена

Статия от 1981 г. на Алън Гът (*Alan Guth*) предлага решение на проблем в теорията за Големия взрив. Статията достига връх в броя цитати 30 години след публикуването.



Фигура 4. **Алан Гът** (*Alan Guth*), *Physical Review D*, 1981

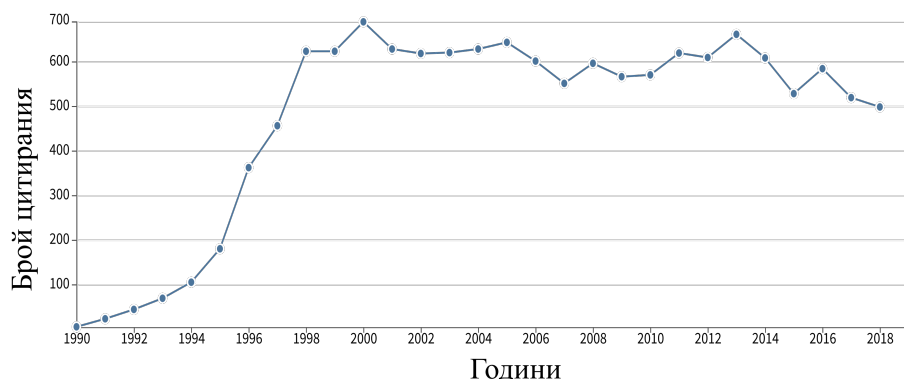
Теорията за Големия взрив обхваща голям брой проблеми, когато става въпрос за разбирането на възникването на Вселената, включително произхода на материята и законите на физиката. Но в теорията имаше проблем. Малка величина, наречена критична плътност, привидно регулира фино количеството на материята във Вселената и не позволява прекалено бързо разширя-

ване или колапс. Физиците са озадачени от това как такава специфична стойност може да доведе до сегашната Вселена.

През 1981 г. Алън Гът от Масачузетския технологичен институт (*Massachusetts Institute of Technology*) публикува статия, която предлага решение на проблема. Той предполага, че Вселената претърпява бързо разширение малко след Големия взрив и продължава да се разширява по-бавно, идея, която сега е широко приета във физиката. Тя обяснява защо Вселената изглежда че има „плоска“ геометрия и защо изглежда еднаква във всички посоки.

Механизъм на кристалния растеж

Статия от българските учени Иван Странски и Любомир Кръстанов, публикувана през 1938 г., има интересна история по отношение на цитируемостта. От 1990 г. насам, както може да се види от данни на *Web of Science*, 80 години след отпечатването ѝ, статията запазва значителна цитируемост, след стръмно нарастване на броя цитати между 1995 и 2000 г.



Фигура 5. Иван Странски и Любомир Кръстанов (*Ivan N. Stranski, Lyubomir Krastanow*), *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss.*, 1938

Проф. Иван Странски е от най-известните български учени в чужбина. Той е един от основателите на молекулно-кинетичната теория за формирането и растежа на кристалите. Неговият значителен научен принос е във физикохимията, като разработването на модели за механизмите на кристалния растеж му носи световна известност през 30-те години на XX век. В статията от 1938 г. Иван Странски и Любомир Кръстанов предлагат механизъм на растеж на един кристал върху подложка от друг, който е известен като модел на Странски-Кръстанов. Години по-късно интересът към статията е възобновен във връзка с развитието на нанотехнологиите за получаване на нискоразмерни структури като квантови точки и квантови жички.

Литература

- Gemma Conroy, Citation analysis reveals the game changers,
<https://www.natureindex.com/news-blog/citation-analysis-reveals-the-game-changers>
- I. N. Stranski, L. Krastanov. Zur theorie der orientierten ausscheidung von ionenkristallen aufeinander. *Sitz. Ber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl. Abt. IIb* **146**: 797–810, 1938
- A. G. Cullis at.al., The Mechanism of the Stranski-Krastanov Transition, 2005
https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3315-X_5

Подбор и превод: Сашка Александрова

PAPERS THAT STAND THE TEST OF TIME

Selection and translation: Sashka Alexandrova

While most scientific papers see a gradual drop in citations after publication, only a small number become classics. An analysis of 5 million articles published between 1980 and 1990 found that less than 1% of papers continue to gather a high number of citations over a 25-year lifespan. Among these ‘landmark’ papers are George Church and Walter Gilbert’s 1984 genomic-sequencing tool and Alan Guth’s 1981 theory of cosmic inflation. Among these long-living papers is the article authored by the Bulgarian scientists Ivan Stranski and Ljubomir Krastanov on the theory of crystal growth.

ФИЗИКА – ОБЩЕСТВО – КУЛТУРА

Иван Лалов

Увод

На 25.11.1993 г., Патронният празник на Университета, произнесох мое-то първо академично слово (от общо 6) със заглавие, сходно на заглавието на тази статия – „Физиката и човешката култура“. За изминалия оттогава четвърт век моите основни възгледи по темата останаха същите, а развитието на обществената среда и на самата наука физика обогатиха впечатленията и аргументите. Доклад със заглавие „Физика – култура – средно образование“ изнесох през 2010 г. на 38-мата Конференция по въпроси за образованието по физика. В този вариант важна насока бе ролята и мястото на физиката в средните училища за познанията и нивото на общата култура на учениците.

Връщам се към тази основна тематика с нейните два аспекта, а именно:

- какви фактори от културата и по-общо обществени обстоятелства определят тематиката, фундаменталните идеи, необходимостта от научните изследвания и дори тяхната структура;

- какви са идейните приноси на физиката в културата и мисленето на обществото.

Несъмнено физиката е важна част на науката и така е част от културата. От библейски времена човешките общности търсят отговори на въпросите за устройството на небесния и поднебесния свят и за мястото на човека във Вселената. По пътя към истината за природата човечеството се опира на своите наблюдения, изгражда цели научни системи (преди всичко на природните и философски науки). Като стига до историческите граници на познанието в дадения период, то създава вярвания и хипотези за възможните процеси и движещи сили отвъд тези граници. Въпросите на вярата и етиката са предмет на религиите. Като сравнително нова насока на тематиката на статиите са природните науки и религията. Религиозните учения не съвпадат с културата на обществото, макар да имат силно, а понякога доминиращо, влияние върху нея.

Чрез своите резултати вече повече от сто години физиката влияе силно върху обществото, като променя неговата техника, военно дело, създава материалната база на компютрите, съобщителните средства, оптичните източници. В живота на едно-две поколения се извършват няколко революции в тези области. В тази статия няма да правим преглед на промените в техническата база, а ще се стараем да анализираме триадата „физика – общество – култура“ като цяло.

Учените в обществото

Естествено, науката не е плод на заниманията на интелектуални особняци, които пребивават във от обществото, и които само му предоставят своите резултати. Обществото на дадена страна или регион определя не само материалната основа за развитие на науката, но и налага върху учените своите манталитет и морал. Така се формират ония материални и духовни рамки, наричани културен базис на науката. Разбира се, учените не възприемат въздействието на обществото пасивно, а често се стремят да променят и дори да противодействат на официалния морал (с променлив успех).

Животът и работата на учения представляват един непрекъснат диалог с обществото. Учените се възпитават под влияние на културната традиция и на съвременната им културна среда. Те говорят на език, който и като лингвистично съдържание, и като научни идеи трябва да бъде разбираем за съвременниците (иначе горко на учения!). Учените трябва да получат научните резултати, поръчани от обществото, и да направят всичко възможно то да оцени и използва тези резултати. Учените са длъжни да възпитат и бъдещите учени, тези своего рода пратеници в бъдещето. Най-сетне пак учените трябва в диалог със своите колеги да осъществят връзка с другите човешки общности, например от други страни или социални системи (истинската наука е интернационална). Който не е готов за диалози, не е подходящ за науката – в нея монолозите са странни и непродуктивни.

Началните десетилетия на 21-ви век изискват от учените още по-интензивен диалог с обществото, както с популяризирането и обясняването на научните резултати, така и при тяхното използване в науката и в икономиката.

Науката винаги е движена от човешкото любопитство, което е израз на културната потребност от научни знания. Дори в нашето прагматично време човечеството е склонно да финансира със значителни суми фундаментални изследвания в астрофизиката, физиката на високите енергии и др., макар те да не са свързани с непосредствени ползи и промени. Учените от седем европейски научни организации, които се занимават с изследвания в областите на природните науки, инициираха проект за популяризиране на науката сред учители и ученици. Този проект в първите три издания се наричаше „Физика на сцената“, а сега е „Наука на сцената“. Освен привличане на бъдещи изследователи, проектът цели да информира данъкоплатците от Европа за какво се изразходва част от техните данъци. На тази цел служат и широко организирани кампании за предавания по телевизията и интернет на откритията, например на Хигс-бозона и гравитационните вълни.

Освен да задоволяват вечното любопитство, обществото има изисквания и надежда откритията на учените да повишават качеството на живота. Няма съмнения колко бързо се променят съобщителната техника, оптиката, компютрите и дори бита като резултат от развитието на природните науки, мате-

матиката и техниката. Глобализацията увеличи конкуренцията, а с това – и изискванията към квалификацията, образованието и културата на изпълнителите.

Отношенията учени – общество и в съвременността съвсем не са идилични. Неподготвеното да приеме научните идеи общество ограничава възможностите за работа и дори репресираща учените заради научните, а понякога – и социални, идеи. За такова отношение обществото заплаща висока цена – собственото си изоставане.

Естественият въпрос е как се оценяват отношенията учени – общество в България. Сблъскваме се със силно редуцирано финансиране спрямо съседите Турция и Румъния, нежелание да се развива фундаментална наука у тези, които вземат решения, доста консервативно отношение в научните среди към реструктуриране и реформи в науката, недостатъчни грижи на учените да обяснят своите научни резултати и така да спечелят обществеността. Промяната на тази картина се налага от грижите за културата и бъдещето на нацията.

Основни културни идеи в науката

Ще разгледаме накратко основните идеи, които съвременната култура налага на науката. Трезво отчитаме, че те са издигнати и дори формулирани от самата наука и са влезли в културния фонд.

В основата на естествените науки, и на физиката по-специално, лежи дълбоката културна идея, че природата се подчинява на прости и познаваеми закони. Тази идея не е априорна, тя е резултат от дълго развитие и вероятно е европейска по характер. Според мен нейните корени могат да се търсят в християнството, прокламирало, че Бог е добронамерен към човека (независимо от „първородния грях“), позволява му да изучава света и, най-важното, не променя законите, които управляват материалния свят. Такова схващане, изказано в една или друга форма през Средновековието от Католическата църква, подготвя почвата за развитие на Европейската наука през Възраждането. Разбира се, този положителен фактор на католическата идеология, възприет по-силно или плахо от протестантството и православие, не оневинява Католическата църква за Инквизицията като реакция срещу ренесансовите идеи и научни резултати.

Тук опираме до един интересен въпрос за развитието на науката през Ранното средновековие в арабския свят. Около 9-11-ти век арабската наука – математика, медицина, оптика – вероятно е по-силна от европейската. Какво „пречупва“ нейното развитие през следващите векове? Не всички специалисти-арабисти са способни да отговорят на въпроса. Един доста вероятен отговор се съдържа в развитието на радикални разбирания през следващите векове, че строгите природни закони ограничават всемогъществото на Бога (Аллах). Това би било илюстрация за ролята на културния базис в науката.

Възраждането издига втора основна културна идея, която е част от базиса на науката: „*Науката обявява своите резултати като открити за процедури на проверка и критика*“ (Пригожин). Струва ми се, че в началото тук е физическият експеримент, осъществен от Галилей от наклонената кула в Пиза: той пуснал две еднакви сфери, но едната плътна, а другата куха. Двете сфери паднали едновременно, обратно на твърдението на Аристотел. Присъстващите теолози не повярвали на очите си. Има сериозни подозрения, че това събитие е легендарно, още повече, че по-леката куха сфера при еднакво съпротивление на въздуха би падала по-бавно (ако методиката позволява да се констатира разликата във времената). Важна за нас сега е публичността на процедурата по проверка на научен факт. Такава публичност и повтаряемост на резултатите в една и съща или в различни лаборатории са неотменими за признаване на фактите и теориите.

Културата на съвременното общество налага общи изисквания към научните теории. Най-първото изискване е безупречна логическа структура на самата теория. Тя трябва да има многостранна положителна връзка с другите научни факти от дадената наука или от други науки. Научната теория трябва не само да обяснява явленията, но да има предсказателна възможност като прогнозира други явления, позволява да се пресмятат измерими величини, да е част от настоящата научна картина. Част от изискванията към много природонаучни теории е да са приложими в икономиката и в други науки.

Към научните идеи се предявяват дори естетически критерии, макар естетиката на абстрактните науки да се отличава от естетиката в изкуството. Аз бих оприличил естетиката в науката с красивото в шахмата – конструктивните елементи са не образите, а понятията. В скоби ще отбележа, че във физиката – например в оптиката – се проявяват естетически елементи, подобни на образи и абстрактни картини – феерията на излъчване на светлина от разреждени газове, наблюденията на небесната дъга или на поляризирана светлина. Простотата и хармонията, парадоксалният резултат и ефективността, свършената теория и нейната проверка – такива са елементите на естетиката в науката.

Ако научните идеи не са съставна част на общата научна картина, или ако не намират своя еквивалент и проверка в реални явления, те най-често са изоставяни за векове или завинаги.

Природни науки и религия

Вече отбелязахме, че религиите имат важна роля и задачи в развитието на обществата и в съвременния живот. Те представляват идеологическите стълбове, върху които се крепи морала в човешките отношения, културата на обществото и част от научните парадигми (виж по-горе оценката за ролята на Католическата църква). Дълги периоди, пък и досега, религиозните доктрини запълват чрез вяра онези феномени, които науката в дадения момент не

може да обясни, и каквито винаги ще се проявяват. Практически всички религиозни учения са изкушени да използват своите космогонични хипотези за произхода и устройството на света като доказателства за истинността на учението. Именно в този пункт се корени моето резервирано отношение към религиозните доктрини. Един друг пункт на резервираност е изискването за безусловна вяра в учението. Възпитанието и подходът на природните науки изискват проверка на твърденията.

Природните (и социалните) науки и религията имат свои обособени полета на дейност. Науката е развила своя методика за изследване на природните явления, за придобиване и потвърждаване на научните знания и за тяхното евентуално прилагане в човешката практика. Накратко науката изучава и обяснява природата и обществото. За съжаление, досега науката не е в състояние да създава морално-етични норми, които да регулират и управляват отношенията между членовете и частите на обществото и между различните общности. Такива генератори на морални норми и морални кодекси са религиите, които в значителна степен регулират и отношението на личността към себе си като оценка за своите постъпки, емоции и мисли. Но изследването на природата, даже когато се прави от жреци, облечени в религиозни пълномощия, е нещо съвсем различно. Не могат да се получат достоверни резултати, ако не се следват научните методи. Да се апелира към вярата при обяснение на научни факти е неприемливо. Такива са различните терени на науката, която изучава природните явления и закони, и на религията, която формулира етиката на личността и обществото.

В исторически план съотношенията между достоверната научна картина за природата, която включва познания за явленията и природните закони, от една страна, и религиозната картина за ролята на твореца и обясненията за неизследваните феномени, от друга, са се променяли с развитието на науката. Нека сравним какво значително място е заемало Божественото обяснение на астрономически и природни явления преди 300 – 400 – 500 години и онези области, в които съвременната наука не е регистрирала успех и поради това се използват за съвременни космологични и антропологични спекулации (например защо физичните закони са именно тези, как се развива с такива темпове животът на Земята, какво представлява висшата нервна дейност). Стесняването на областите на вярванията, вкл. религиозни, за сметка на научните обяснения на света, е аргумент за специфичните компетентности на природните науки и религията.

В пряка връзка с разглежданите отношения природни науки – религия е проблемът за преподаването на познанията за религиите в средното училище. Историческата и съвременната роля на религиите за развитието на етиката и културата създава необходимост от включване на сравнителна информация за основните религиозни учения в различни дисциплини от учебния

план и дори създаването на единен предмет с условното име „История на религиите“. Неговото учебно съдържание трябва да включва, освен историята на религиозните учения, някои основни схващания и съдържателна информация за същността, основните клонове и етичната система на дадената религия. Всичко това трябва да е в синхрон със светския характер на българското училище. Преподаването на каноническо вероучение (християнство, ислям, юдеизъм и др.) противоречи на този характер и би прокарало разделителни линии в българското училище. Нещо повече, изложението в този параграф показва несъвместимостта на религиозните космогонични хипотези и съвременното ниво на природните науки (библейските разкази, колкото и интересни да са те, са несъвместими с преподаването на астрономия, космология, биология).

Физика и философия

Философията е общотeorетична дисциплина, която изразява основополагащите (мирогледни) възгледи за човека, природата и обществото. В този смисъл тя изразява идеологията на обществото или на отделни обществени групи. Философските школи възникват и се развиват на базата на сериозен анализ на природните и социалните явления, както и на дълбокото обобщаване на резултатите от природните, социалните и хуманитарните науки. Философията третира сериозни отношения на личността към самата себе си, към другите и към природата (мястото на човека в света!). Философията на естествознанието използва историческите рамки на човешкото познание в дадения период, за да очертае основни понятия като материя, движение, духовност. Философията има важна роля в религиозната идеология, която, обаче, е значително по-широка от философската наука.

Взаимоотношенията на философията с частните, и по-специално с природните науки са важни и сложни. От една страна, физиката, биологията, геологията, астрономията създават научния базис и полето за проверка на философските учения. Ако философията е теоретичен израз на човешкото знание за природата и обществото, специализираните науки изразяват явленията – феноменологията. Но от друга страна, самите природни науки не могат да се развиват без мирогледна основа, пример за която беше даден при сравнението на развитието на науката в Европа и арабския свят. За съжаление, съвременните естествоизпитатели използват тези философски парадигми в своите изследвания, но често ги оставят зад завесата, като са склонни да омаловажават ролята на философията. Обяснението на такова незачитане се крие в дълбокото увлечение по собствените идеи и резултати в дадената научна област, но също – в натрупан отрицателен опит от отношенията със самите философи. У последните понякога се проявява желание философията да арбитрира, да декретира кои резултати от физиката, космологията, биологията са правилни и допустими. Както и в отношенията на науката с религи-

ите, философията на естествознанието също не е в състояние да оценява в дълбочина тяснонаучното съдържание на резултатите.

Ако философията се затвори в своя свят на идеите, ако започне да моделира развитието на естествените науки и да арбитрира техните резултати, конфликтът на философията с реалността е неминуем. Най-мрачен пример за такава намеса беше непризнаването на резултатите на генетиката, кибернетиката, на космологията (Големия взрив) от мнозинството философи-марксиста през 40-те – 50-те години на миналия век. Основните аргументи се подбираха от идеологическия арсенал на силно догматизираната философия. Естествените науки на Запад продължиха своето невероятно развитие, в трудна позиция се оказаха съветските учени и общество. Философията също на всеки етап от изследванията трябва да търси своето лице, обърнато към реалния свят, а не навътре към самата нея.

Физиката на 20-ти век, и по-специално Теорията на относителността и квантовата физика, съществено промениха самата философия на естествознанието. Концепцията за пространство-времето като обща реалност, принципът за допълнителността, деликатните отношения физически обект – наблюдател, развитието на Вселената от Големия взрив, са част от новите разбирания на физиците за света, които съставят съвременната научна картина. Наложи се тези реалности да бъдат осмислени от философите. В същото време новите поколения естествоизпитатели трябва да познават и да стъпят върху променената философия на естествознанието.

Приноси на идеите на физиката към културата и обществената практика

Физиката през Възраждането първа от природните науки оформя своите научни методи и с това създава общ модел за развитието на естествознание-то. Идеите на физиката оказват сериозно въздействие за възхода на науката и чрез нея – върху културата. Нещо повече, физиката и астрономията, чрез Коперник и Галилей първи се отърсват от заключенията и предубежденията на учените от древността, които в значителна степен имат умозрителен характер.

През 17-ти век именно във физиката се формулират двата основни изследователски метода – феноменологично-емпиричния подход при изследване на явленията в реалния свят и изграждането на теоретични модели (на научните области) в света на идеите. Степента на развитие на науката се определя от връзките, от мостовете между двата типа модели, които според Поанкаре „и фактически, и логически са две независими една от друга системи“.

Този научен подход се възприема от останалите природни науки – химия и биология, а по-късно – в социалните науки. Свидетели сме на широкото приложение на теоретичното моделиране в икономиката, например при прогнозиране и управление (ако е възможно) на икономически кризи. Прилагана-

та методика – от анализа на явленията към теоретичния им модел (почти винаги математичен) – има всеобща роля в науката и практиката и представлява идеен принос на физиката към човешката култура.

Към общокултурните идеи, подсказани и утвърдени от физиката, аз бих включил реалистичния подход към света. Интуицията може да подскаже какви са основните черти на явлението, към какви закони трябва да се стреми теорията. Но само ако тези черти се схванат като същност, а не като нещо външно или като особеност на процеса на наблюдението, теоретичното търсене ще бъде плодотворно. Така Поанкаре е знаел Лоренцовите трансформации преди Айнщайн, но не е успял да схване физическата неотменимост на техните следствия. Затова Специалната теория на относителността не е създадена от него, а от „реалиста“ Айнщайн. В подобно положение се оказва след десет години и знаменитият математик Хилберт, изпреварил Айнщайн при математическата формулировка на Общата теория на относителността (в едно небивало състезание – ноември 1915 г.), но закъснял с осмислянето ѝ като физическа теория. Да приемаш „нещата“ такива, каквито са, да ги смяташ за реалност, независимо от научните си предубеждения – това е суровият реализъм на физиката.

Един от изводите на физиката с по-общо значение може да се формулира просто: „чудеса не стават“. Малковероятните събития, които най-често се схващат като чудо, са възможни, но практически не се реализират. През 90-те години на 20-ти век широко бяха разпространени илюзии, че проблемите на българското общество могат да бъдат решени чрез намесата на „свръхестествени“, „извънземни“ и други фактори. Разбира се, че има неизследвани явления, обекти с неизвестни свойства – и земни, и „извънземни“. Но не може да се разчита на тяхната положителна намеса специално в съдбините на България. И можем с удовлетворение да забележим прогреса в самото българско общество, което все по-малко разчита на „чудесно избавление“ и разбира, че „спасението на давещите се е дело на самите давещи се“.

Няколко думи за т. нар. социално-исторически експерименти. Развитието на обществото се реализира чрез целенасочена човешка дейност, затова в историята са възможни обществени експерименти, подобни на експериментите във физиката. В повечето случаи физиците внимателно планират своите бъдещи експерименти, толкова по-детайлно, колкото по-машабни са те. А социалните експерименти засягат големи групи или цялото общество и са несравнимо по-скъпи. Има още една съществена разлика – физическите експерименти са повторими от друга или от същата експериментална група. Историческият ход е необратим, не е възможно да се възстанови същата ситуация след неуспешен експеримент. По-добре е да се събира статистика за отношението успешни-неуспешни експерименти, осъществени от другите исторически общности. Неуспешният в други страни социален експеримент няма

повече шансове за успех при еднакви начални условия. Това представлява сериозно предупреждение към българските политици и обществени дейци (вкл. в икономиката и образованието).

Съвременната физика изработи подходи за изучаването на уникални явления, например наблюденията на астрофизически явления, резултат от Големия взрив, излъчването на гравитационни вълни при сблъсък на черни дупки и др. С това процесът на физическото моделиране направи нова крачка към доближаване до събитията – предмет на обществените науки (икономика, социология).

Заключение

Тесните цели на изложението в настоящата статия могат да се съсредоточат в няколко полета:

- ролята на обществените фактори и културната среда върху развитието на идеите и изследванията по физика;
- някои особености на процеса на моделиране във физиката и неговото по-общо значение в естествознанието;
- идейните взаимоотношения на природните науки, и специално на физиката, с религиозните учения и философията;
- влиянието на идеите на науката физика върху културата и върху подхода на по-широки слоеве от интелигенцията към обществените явления.

В предишните ми размисли за отношенията физика – култура, и за двата свята на физиката (световете на явленията в реалния свят и на идеите) значително място заемаше т.нар. „трета култура“ – необходимият синтез между природонаучния клон на науката и хуманитаристиката. В известен смисъл това изразяваше тревогата на мислителите от последните десетилетия на 20-ти век за силното и опасно диференциране на двата клона на познанието. И тогава, и сега смятам тези опасности за преувеличени. Това, разбира се, не отклонява във времето необходимостта да се търсят „мостове“ между науките, които могат да се окажат много плодотворни.

В първите десетилетия на 21-ви век особена актуалност придобиват отношенията между учените и останалите части на обществото. От точния избор на научната тематика зависи не само финансирането на научните изследвания, но и прогресът на обществото. Толкова по-силна е необходимостта да се намерят контактите и аргументите, които да насочат по верни пътища както тези, които управляват (вземат решения), така и широки обществени групи и самата научна общност. Образованието на новите поколения се нуждае от прагматичност и това е друга важна задача на учените.

С необходимостта от засилен диалог наука-общество в съвременността може да се мотивира разширяването на темата на статията от „физика-култура“ към „физика-общество-култура“. Опасявам се, че в близките години

връзката „физика-общество“ ще стане актуална все повече самостоятелно, вън от триадата „физика-общество-култура“, която е предмет на настоящата статия.

„Времената се менят и ние с тях“.

Литература (от автора)

- [5] „Физиката и човешката култура“ – академично слово (1993 г.)
- [6] „Двата свята на физиката“ – академично слово (1994 г.)
- [7] „Физика – култура – средно образование“ – доклад на 38-мата конференция по въпросите на образованието по физика, Ловеч (2010 г.)

PHYSICS – SOCIETY – CULTURE

Ivan Lalov

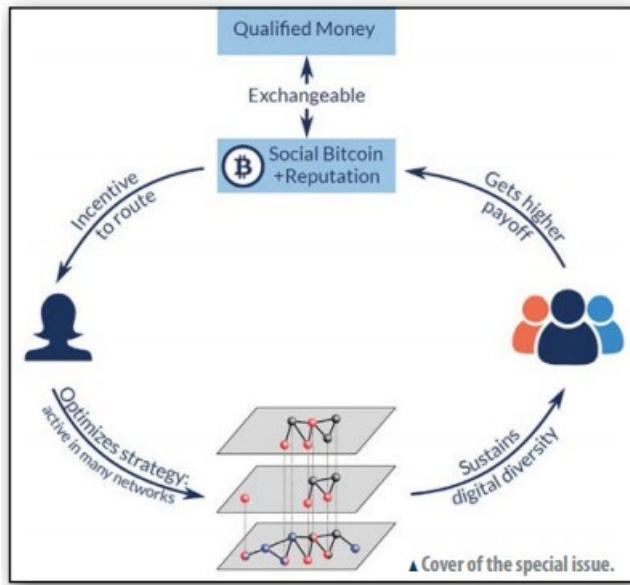
The paper treats the general problems of the relations of natural sciences, especially physics, and society. The following topics have been considered: a) position of the scientists in modern societies; b) cultural basis of science and the formulation of the basic cultural concepts both from social and scientific development; c) relations and fields of natural sciences and christianic and non-christianic religions; d) necessary coupling of natural sciences and philosophical schools; e) contribution of physics to human culture and social practice.

Харесайте страницата на списанието във facebook

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

ПОГЛЕД КЪМ ИКОНОМИКАТА ЧРЕЗ ПРОСТИ ФИЗИЧНИ МОДЕЛИ

Europhysics News, 48/2, 11



Картина на изучаване на икономическите явления, използвайки методите на физиката

Едно от специалните издания на Европейския физически журнал (*European Physical Journal Special Topics*) е посветено на темата „Може ли икономиката да бъде физична наука?“. Генезисът на този специален брой е резултат от дискусии през последните години на физици и икономисти и оформяне на мнение, че времето е подходящо за равностетка на постигнатото в изследването на икономическите явления с използване на физични методи.

Можем ли да разберем как така пазарите могат внезапно да бъдат обхванати от паника? За физиците би било целесъобразно използването на модел, първоначално разработен за обяснение на магнетизма. Икономистите обаче могат да считат това за изключително нелогично. И физичните, и икономическите явления могат да притежават универсални характеристики, които да бъдат разкрити с помощта на физични методи. Основната разлика е, че в икономическите системи, за разлика от физичните, настоящите действия могат да бъдат повлияни от възприемането на бъдещи събития. В специално издание на Европейския физически журнал (*European Physical Journal Special*

Topics) се разглежда въпросът дали иконофизиката, основана на физичен подход към разбирането на икономическите явления, е по-полезна и за предпочитане пред конвенционалните теории на икономиката. Отличителен характер на по-голямата част от физично-базираните подходи е акцентът върху разкриването на „универсалните“ явления, т.е. свойства, които са относително инвариантни в системите. Една от особеностите на въпроса е, че много привлекателната идея за универсалност може да бъде по-скоро изключение, отколкото правило в икономическия и социалния свят. Също така, много от първоначално предложените модели на иконофизиката са по-скоро опростени, а не прости. Най-важното е, че все още предстои да се представи ясна демонстрация на превъзходството на модели на иконофизиката спрямо стандартните икономически модели.

S. Sinha, A. S. Chakrabarti and M. Mitra, 'Can economics be a physical science?'
Eur. Phys. J. Spec. Top. 225 Issue 17-18 (2016)

превод: Сашка Александрова

ECONOMICS MADE SIMPLE WITH PHYSICS MODELS

The question is discussed as to whether econophysics, a physics-based approach to understanding economic phenomena, is more useful and desirable than conventional economics theories. Many of the originally proposed models of econophysics can be argued to be simplistic rather than simple. A clear-cut demonstration of superiority of econophysics models over standard economics models has yet to be delivered.

Translation: Sashka Alexandrova

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

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

ПРИНОСЪТ НА НАЙДЕН ГЕРОВ И ЙОАКИМ ГРУЕВ В РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА ФИЗИЧЕСКИ ЗНАНИЯ В НАШАТА СТРАНА

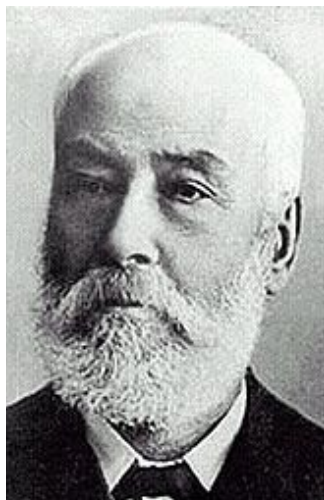
Никола Балабанов

На фона на огромните научни и просветителски, обществени и управленски дейности, които Найден Геров и Йоаким Груев са извършили, техният принос във физиката изглежда скромен. Но като се има предвид, че с този принос те определят началото на обучението по физика в нашата страна [1-3], той заслужава същото внимание, което отдаваме на техните заслуги в другите области на културата.

Първите искри на физиката като наука в българските земи проблясват през 20-те години на XIX в. чрез дейностите на нашите възрожденци Петър Берон и Иван Селимински. В своя знаменит „Рибен буквар“, написан през 1824 г., Петър Берон включва и един раздел, озаглавен „Физически знания“. Истината изисква да се каже, че в този раздел физиката почти липсва, само на последните странички са разгледани някои „въздушни явления“.

През същото десетилетие Иван Селимински, завършил гръцкото училище в Кидония, основава в родния си град Сливен училище, като включва в неговата учебна програма и т.нар. „положителни науки“. Без да се изучава физиката като отделен предмет, Селимински въвел някои елементи от физическите знания.

Основателно може да се смята като истинско начало на обучението по физика у нас написването на учебника „Извод от физика“ от Найден Геров, издаден през 1849 г. в Белград. Написването и издаването на учебник по онова време, в условията на икономическа изостаналост и ограничена свобода („двойно робство“ го наричат нашите възрожденци, за разлика от днешните опити да смекчим онзи гнет, за да не „обидим“ съседите), е истински подвиг [2]. Ще спестим оценките за организаторската дейност, която извършва Найден Геров при издаването на учебника, за да отдадем заслужено внимание на неговото съдържание.



Найден Геров

Преди всичко нека категорично изтъкнем, че учебникът на Найден Геров отразява равнището на знанията по физика, постигнато до средата на XIX в., когато е написан учебникът. Ще припомним, че по

онова време физиката продължава да се развива под знамето на Нютоновите идеи, на основата на които през XVIII и XIX столетие е създадена първата физическа картина на света – механичната. Налице е стремеж всички явления в природата да се обясняват с идеите на класическата механика, създадена от Галилей и Нютон.

Найден Геров е вдъхновен от постиженията на физиката и възторжено нарича един от създателите на класическата механика – Галилей, „*чутовний физик*“. С тези постижения Геров се е запознал като самостоятелно е изучавал учебната литература по физика, издавана в напредналите европейски страни.

Реорганизацията на европейското образование е осъществена през XVIII-то столетие. Възникват първите училища, даващи светско образование. Те се отделят от църквата и в техните учебни програми, наред със словесните предмети, заемат място и природните науки, в т.ч. и физиката. Тези преобразования обаче не засягат образованието в Османската империя, в която училищата имат изцяло религиозен характер. На територията на империята повечето на европейската култура, в т.ч. и постиженията на природните науки, са проникнали в началото на XIX в., главно чрез гръцките училища. Посочените по-горе наши възрожденци Петър Берон и Иван Селимински са били възпитаници на такива училища.

Значително влияние върху развитието на образованието в нашите земи е оказала Русия, където през 40-те години на XIX столетие са се учили много млади българи. Истинско Елдорадо за богатства от знания и култура за българската младеж е бил руският град Одеса, където било създадено първото българско културно-просветно дружество. По едно и също време в Одеса са учили Найден Геров, Добри Чинтулов, Ботьо Петков и др.

Именно тези младежи поставят, след завръщането си в българските земи, нов етап в родното образование, като създават класни училища със сравнително модерни за времето учебни програми. Първото мъжко класно училище е създадено през 1846 г. в Копривщица от Найден Геров. По негова инициатива в програмата на това училище е включена и физиката като учебен предмет.

По онова време за преобладаваща част от българското население физиката е била съвсем непозната наука, следователно – безполезна и ненужна. Показателни в това отношение са напътстващите думи, с които Хаджи Любен изпраща своя 16-годишен внук (бъдещия писател и революционер Любен Каравелов) за обучение в Пловдив:

„Слушай, синко! ... Не учи се там ония глупости, които учеше момчетата преди две години хаджи Геровият син. Тебе не трябва – как се казваха – никакви пизики-мизики. Ти и без тия физики ще да се научиш да мериш сиренето и да спрягаши воловете.“ [4].

Това е характерно мислене за онова време. Някой трябвало да направи преврат в това мислене на хората, да им разкрие истинския свят на науките, да ги изведе от невежеството и битовизма. Това е дело на една революция, която е не по-малко важна за прогреса, отколкото тези, провеждани с оръжия и залпове. Найдено Геров е в първата редица на тази революция, целяща промяна в мисленето и откриването на един нов свят – светът на науката.

(Интересен щрих в педагогическата дейност на Н. Геров е включването на физкултурата като учебен предмет. Това също показва широтата на неговите възгледи за възпитанието на подрастващите. Но с тези инициативи той си навлякъл и неодобрението на турските власти, които видели в този предмет подготовка на учениците за бъдещи войници срещу падишаха).

Уроците си по физика Н. Геров оформял в записки, които след всеки урок предавал на учениците. Те на свой ред ги преписвали и изучавали. След 2-3 годишно учителстване, Геров решил да напише учебник по този предмет.

Основателен е въпросът, защо коптивщанският учител е избрал да напише учебник именно по физика, а не по някой от словесните предмети, които е преподавал. Моят отговор е: защото Н. Геров пръв сред българските интелектуалци е разбрал, че физиката е фундаментална наука за природата, разбрал е нейния мирогледен характер.

През лятото на 1849 г. Н. Геров прекъсва учителството си в Коптивщица, оставяйки за свой заместник Йоаким Груев, и заминава за Белград да отпечата учебника. За неговото издаване Геров е разчитал на т.нар. спомоществатели – съграждани, патриоти, търговци и будни интелегентни българи, които проявявали интерес към това начинание. В края на книгата той добросъвестно е изброил имената на спомоществателите – общо 720. Представлява интерес тяхното разпределение по местонахождение, което е известно мерило за равнището на културата у нас по онова време.

Най-активно Н. Геров е бил подкрепен от своите съграждани. Почти една трета от спомоществателите – общо 250 души – са от Коптивщица.

Голям интерес към учебника са проявили жителите на Калофер, поръчали общо 102 екземпляра (а отделно 25 калоферци, живеещи в Цариград, са предплатили за учебника). Своеобразен „личен рекорд“ в това отношение бележи калоферският учител Ботьо Петков, който поръчал (и предплатил) 50 екземпляра за своето училище.

Няма съмнение, че Ботьо Петков е имал в личната си библиотека учебника по физика на Н. Геров. Няма съмнение, че неговият син, гениалният поет и революционер Христо Ботев, е бил запознат с основите на физиката, най-вероятно под влияние на Геровия учебник. За това свидетелства неговото разбиране за характера на бъдещото българско училище:

„Не училището на Златоуста и Лойола, на Вилхелма и Наполеона, а онова на Фурие и Прудона, на Кювие и Нютона ...“ (в „Смешен плач“).

Има и някои любопитни подробности в „разпределението“ на спомоществователите. Ето два примера:

– От София не е заявен нито един учебник. За културното изоставане на София говори и фактът, че там светско училище е открито десетина години след Копривщица, Пловдив и други градове.

– Впечатляващо голям е броят на църковните служители, заявили и предплатили учебника – общо 90 свещеници, дякони, монаси и др. Само в Копривщица за учебника са се записали 11 свещеника. Това говори за тяхната богата култура, излизаща извън рамките на религиозните им разбирания.

(Интересно ми е, дали днес в манастирските библиотеки или в тези на светите отци може да се намери литература по физика?).

Пътуването на Н. Геров от Копривщица до Белград (което продължава 21 дни), престоят му там за отпечатване на учебника (4 месеца) и завръщането му в България заедно с готовите учебници – 2020 екземпляра, събрани в осем сандъка, представляват истински подвиг за онова време (когато няма електричество, транспорт и други днешни удобства). Този подвиг е подробно описан и коментиран от колегата В. Метев [2]. Нека обърнем внимание на самия учебник, на неговото съдържание.

Найден Геров озаглавява своя учебник „Извод от физика“. Макар че по същество учебникът съдържа основите на физиката, заглавието донякъде подвежда за възприемането му като някакви извадки от тази наука. Според мен, това е резултат на скромната самопреценка на автора (несрещана в наши дни), който е бил впечатлен от огромните успехи на естествознанието.

Като всеки автор, Н. Геров е ползвал съществуващата тогава европейска учебна литература, но учебникът му има напълно оригинален характер, като не отстъпва по съдържание и методически прийоми на съществуващите в други страни. Съвременните специалисти оценяват високо учебника на Н. Геров, както от гледна точка на научното му съдържание, така и в методическо отношение [1, 2]. А известният историк Н. Генчев го нарича „прощанульник“ на нашата учебна литература [5].

Н. Геров застъпва методичните принципи за последователност, логичност и достъпност на изложението. За него е важно всеки ученик да „разумява“ текста в учебника. В неговата физика няма формули, а много примери, сравнения и аналогии, както и разнообразни приложения на физиката в бита на хората.

В учебника е застъпен и принципът за историзъм. Споменати са откритията на Архимед, Галилей, Нютон, Кулон, Фарадей, Хюйгенс и много други. Посочени са опитите на Галилей, на Торичели, на Ото фон Герике, на братята Монголфие и др.

Учебникът започва с великолепно „предисловие“, което В. Метев оценява като „истинска лекция по методика на физиката“ [2]. В това предисловие

Геров дава своето определение за физиката и споделя желанието си да я направи достъпна за учениците.

„Физиката е висока и пространна наука“ – това са уводните думи на учебника, като под „висока“ авторът явно разбира „велика“, както личи от съдържанието.

Според Н. Геров физиката постига опознаването на природата чрез два основни метода – наблюдение и опит. Отчитането на ролята на опита е смела мисъл за XIX в., в който изобилстват спекулативни умозрителни построения.

Освен класическите опити, представени в учебника, на някои места Н. Геров описва и препоръчва опити, които учениците сами могат да направят в къщи, за да развият необходимите за живота умения и сръчности. Той показва, че опити по физика могат да се правят дори със свещи или с кандило. Какъв урок ни дава този влюбен в работата си учител, особено на онези днешни учители, които се оплакват, че няма пари, за да правят демонстрации пред учениците!

В своя учебник Н. Геров се стреми да очертае физическата картина на света, съответстваща на знанията от средата на XIX в. За целта той дава определение и разяснение на фундаменталните физически и философски понятия: пространство, време, материя, движение. (По онова време е известна само една форма на материята – веществената. Затова Геров използва термина „вещества“).

Пространството, според Геров, е безкрайно и изпълнено с материя, която притежава две основни свойства: протяжност и непроницаемост. „Ние можем – пише в учебника – с мисъл да се издигнем над Земята, да се носим по небесната твърд, да преминаваме неизмеримото разстояние между небесните светила, но няма да достигнем никъде предел, никъде пространството няма край“.

Всички тела, според Геров, се състоят от „безкрайно много първични частици, протяжни, непроницаеми и неделими. Тези частици се наричат атоми.“ (текст от учебника).

Не може да не обърнем внимание върху възгледите на Н. Геров за строежа на веществото. Атомната идея, изказана още от древните гръцки мислители (Левкип, Демокрит), задълго е отречена и забравена през столетията на Средновековието и през XIX в. отново се бори за своето признаване. Появяват се и първите смели опити за обяснение както на свойствата на телата, така и на химичните процеси, протичащи в тях, с помощта на атомната хипотеза. На тези обяснения и въобще на идеята за съществуване на атомите, се противопоставят много авторитетни философи от Западна Европа през втората половина на XIX в.

Австрийският физик и философ Е. Мах (1838-1916) сравнявал вратата в съществуването на атоми с признаването за съществуване на дяволи и вещи-

ци. Според друг голям учен, физикохимик и философ – В. Оствалд (1853-1932), обяснението на химичните реакции с помощта на атомите било така нелепо, както да се обяснява действието на парния локомотив със скрит в него кон.

Именно тези антиатомни настроения са били водещи в идеологията на XIX столетие. Големият австрийски физик Л. Болцман (1804-1906) бил травмиран от обществото на учените за своята привързаност към атомната идея (той наричал себе си *„последния атомист“*), което станало причина да сложи край на живота си.

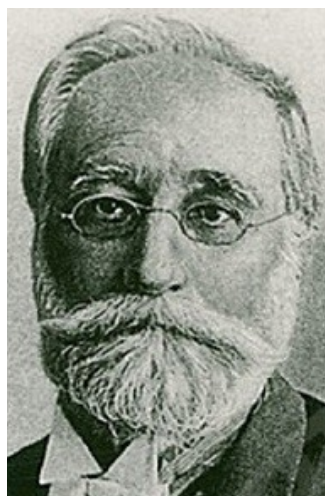
Затова трябва да оценяваме високо научното равнище на Геровата физика, която на фона на посочените настроения застава на страната на атомната хипотеза. Ползвайки различни европейски източници при написването на своя учебник, той е можел да приеме една от двете алтернативи – „за“ или „против“ атомната идея. А той е приел и пренесъл в учебника си убеждението за съществуването и ролята на атомите в нашия физически свят.

И в друго отношение Н. Геров показва, че е на равнището на знанията в своето време. Разкривайки физиката в нейното развитие и разказвайки за нейните постижения, той не спестява истината, че науката все още не може да обясни някои явления. Ето примери:

„Какво нещо е топлината, точно не може да се каже, но това не ни пречи да изучаваме как тя въздейства на телата“.

„Досега още не са изяснили точно какво нещо е светлината, но са изучили доста добре явленията, в които тя се проявява“.

Приведените примери и извадки от учебника на Н. Геров показват, че той



Йоаким Груев

е имал напълно прогресивни виждания за природата и нейните свойства, които виждания представя в своя труд. Още веднъж ще изтъкна, че „Извод от физика“ е оригинален в научно, методологично и методично отношение. Затова трябва да оценим неговото написване, издаване и разпространение като *„истински културен подвиг“* [6].

Този подвиг е повторен по-късно от друг копривщенски възрожденец и ученик на Н. Геров – Йоаким Груев. Йоаким Груев е истински следовник на Н. Геров. Когато Н. Геров заминава за Белград във връзка с издаването на учебника по физика, той оставя за свой заместник в копривщенското училище 21-годишния младеж, който явно вече е заслужил доверието на своя учител и на местната общественост. Същото доверие Н. Геров проявява и през 1856 г. Напускайки пловдивското епархийско училище, за да премине на дипломати-

ческа служба, той отново кани за свой наследник съгражданина си Йоаким Груев.

И в Копривщица, и в Пловдив, наред с другите предмети, Й. Груев преподава физика по учебника на Н. Геров. Като учител с прогресивно мислене и с добра чуждоезикова подготовка, той непрекъснато усъвършенства учебните програми, като се съобразява с напредъка на европейската наука и новостите в образованието. Това се отнася и за преподаването на физиката.

През 60-те години Й. Груев започва вече да преподава по учебници на европейски автори. След няколко години решава да преведе някои от тях на български език.

През лятото на 1869 г. Й. Груев отива в близкото пловдивско село Дермендере (днес Първенец) и се заема с превод на учебника „Опитна физика“ на френския физик А. Гано. През следващата година преведеният учебник е издаден във Виена по поръчка на „Книжарницата на Хр. Г. Данов“. Висока оценка на този труд дава колективът, ръководен от акад. М. Борисов:

„С издаването на учебника на Гано на български език се прави съществена крачка в развитието на българската учебна литература по физика. Този пръв пълен преведен учебник по физика, отпечатан на български език, изиграва роля за подобряване обучението по физика в нашите училища, а също така и за широкото пропагандиране сред нашето възрожденско общество на основите на тази наука и на нейното значение за научно-техническия прогрес“ [1].

Непреставаш да търси и да усъвършенства преподаването си, три години по-късно – през 1872 г., Й. Груев превежда от немски език учебника на австрийския физик Д. Шуберт „Физика за главните народни училища“. (Преводът е отново издаден благодарение на Дановата книжарница).

Забележителни са оценките за ролята на физиката, изказани в предговора на Й. Груев към учебника. За мен те звучат като тържествена увертюра към грандиозно произведение на изкуството:

„Науката за Естеството е основа на народното благосъстояние; от нея има потреба и земеделец, и ръкоделец, и механик, и пр.... всеки от тях, колкото по-добре проумява естеството, толкова по-вещ бива в работата си и повече облаги изкарва от нея. А освен веществена облага, която подава Естествознанието, то ячко тежи и въз нравственото образование; колкото повече се разпространяват верни познания за естеството, толкова по-лесно се изкореняват и изтребват суеверията и предрасъдъците“.

Дори и днес, 150 години след изказването на тези мисли от Й. Груев, трудно могат да се намерят по-ярки думи за значението на физиката и за нейните материални и духовни ценности. Смятана за беден родственик на хуманитарните науки, физиката не заема подобаващото ѝ се място и признание в образователните програми у нас.

Уместно е, когато говорим за приноса на нашите възрожденци при написването или превеждането на учебници по физика, да направим известни сравнения с образованието в други страни. Нямам предвид огромната Османска империя, в която образованието има религиозен характер. (На нашите поробители не им трябва физика, те се нуждаят само от физическата сила на поробените народи). Нека хвърлим поглед отвъд океана, където една държава извоюва своята независимост почти едновременно с нашата. По думите на американския физик и писател Мичел Уилсън, автор на биографични очерци на американски учени, до края на XIX в. в колежа на САЩ физика се изучава само по два учебника, преведени от френски – тези на Гано и Дешамел. Собствени учебници американците нямат! Това ни дава основание да приемем, че обучението по физика у нас и в САЩ през втората половина на XIX в. е на едно и също равнище.

Този успех се дължи преди всичко на усилията, труда и прогресивното мислене на копривщенските възрожденци Найден Геров и Йоаким Груев.

Литература

- [1] М. Борисов, и др., Основоположници на обучението по физика в България, София, изд. „Народна просвета“, 1988
- [2] В.Метев, ФМС, 1967, № 3, с.161
- [3] Н. Балабанов, Явлението Найден Геров. изд. „Пловдивски университет“ 2014
- [4] Ю. Николова, Пловдив в техните спомени. Пловдив, 2009
- [5] Н. Генчев, Възрожденският Пловдив, Пловдив, изд. „Христо Г.Данов“, 1981
- [6] Е. Емануилова, в сб. „Развитие и разпространение на физически знания в България.“ П-в, 2005, стр.83

NAYDEN GEROV AND YOAKIM GRUEV'S CONTRIBUTION TO SPREADING PHYSICS KNOWLEDGE IN BULGARIA

Nicola Balabanov

The significant contributions of Nayden Gerov and Yoakim Gruev for development of physics education through teaching and publishing of the first textbooks in Bulgaria in the second half of the 19th century are presented.

ПОДХОДИ НА ПИАЖЕ ПРИ ИДЕНТИФИЦИРАНЕТО НА ТАЛАНТЛИВИ УЧЕНИЦИ ПО ПРИРОДНИ НАУКИ

Милен З. Замфиров

Абстракт. Въпросът за ранното идентифициране на талантливите ученици, подкрепата на семействата им и специалното им обучение за пълната реализация на техните възможности остава нерешен и открит. Не съществува общоизградена и утвърдена педагогическа система за обучение на талантливите ученици в българските училища. За тази цел предлагаме теоретичен модел, който би улеснил идентифицирането и определянето на талантливите ученици и даването на възможност на учителите за насоки в тяхната работа.

1. Увод

Разкриването и последващата работа на талантливите ученици в България никога не е представлявало тривиална дейност. Обикновено се разчита, че учителят ще е в състояние да извърши тази преценка, но това невинаги е възможно да се постигне в пълна степен. Причините за това се коренят в непрекъснато увеличаващия се обем от работа, с който се натоварва българският учител, а това по никакъв начин не му помага да отделя достатъчно време за откриването и последващото насърчаване на надарените и талантливите ученици. Възможностите по-скоро са изведени извън училището под формата на различни олимпиади и състезания. Министерството на образованието и науката също се включва в този процес, главно с отпускането на индивидуални годишни и/или еднократни стипендии. Независимо от това, проблемите в тази област остават.

Талантливите ученици се обхващат от приетата през 2017 г. Наредба за приобщаващото образование. В нея се посочват и целевите групи, разглеждани в наредбата:

- ученици, застрашени от отпадане от училище;
- талантливите ученици;
- ученици със специални образователни потребности;
- ученици с проблемно поведение и др.

За съжаление дейностите, насочени към откриването на талантливите ученици в училище, остават на заден план, за разлика от учениците със специални образователни потребности (СОП), при които вече има утвърдена и апробирана система за оценка на индивидуалните им възможности.

И така, по какъв начин е възможно да се определи, дали даден ученик е талантлив? Какви образователни инструменти може да използва учителят за това?

Най-често в класната стая на първите чинове се поставят децата, които нарушават дисциплината, често най-отзад са тези, които се справят добре в обучението и не го нарушават. Често по този начин на повечето учители не им прави впечатление ученикът, който може да пише правилно, да решава задачата правилно, да чете гладко и си учи уроците. Това се дължи и на обяснението, че талантливите ученици е възможно да се определят и като проблемни деца, които застрашават образа на учителя като знаещ авторитет и нарушават рутината на обучение.

Възможно е ученици, които четат или пишат недобре след първата година в училище, да бъдат отхвърлени като потенциално талантливи, поради тези примерни затруднения. Но това би било прибързано решение, тъй като доста талантливи учени са били или са с различни нарушения. (Например австралийският химик Джон Корнфорт е бил тотално глух, изгубил напълно слуха си на 11-12 годишна възраст, но благодарение на своите учители, които са повярвали в неговите способности, той успява да завърши с отличен успех училище, а през 1975 г. става носител на Нобелова награда за химия).

Като допълнителни проблеми могат да се отбележат и тези, свързани с учебното съдържание, ориентирано към по-масовия дял на златната среда при учениците. Освен това вероятността да се окаже конкретно обучение насочено към изоставащите ученици, а не към талантливите, е по-голяма. Донякъде това се дължи на общоприетото мнение, че един талантлив ученик може да се справи с учебния материал и сам, без допълнителна помощ. Но всичко това може да има и обратен ефект – да се стигне вместо до високи постижения, до канализиране към нормата, до ниска учебна успеваемост и в крайна сметка, до потискане на дарбата.

Очевидно е, че въпросът за ранното идентифициране на даровитите, подкрепата на семействата им и специалното им обучение за пълната реализация на техните възможности остава открит. Не съществува общоизградена и утвърдена педагогическа система за обучение на талантливи ученици в българските училища.

За тази цел предлагаме теоретичен модел, който би улеснил определянето на надарените ученици и даването на възможност на учителите за насоки в тяхната работа.

2. Диагностичен модел

Моделът е базиран на изградена взаимовръзка между феномените на Пиаже и Станфордската ревизия на Бине-Терман.

Е. Лавренцова [1] посочва, че едва в края на XIX – началото на XX в. с постигане на първите научни успехи при изучаване на човешкия интелект и

появата на специални тестове за измерване на нивото му, темата за надареността придобива нови научноизследователски и социално-практически измерения.

Д. Тодорина описва няколко методики за изследване на специалните способности на надарените деца [2]. Сред тях са такива за изследване на математическите способности, на литературните, на тези по изобразително изкуство и спорт, и пр. Липсва обаче методика, която да определи дали даден ученик е талантлив в областта на природните науки.

Тези постановки дават възможност да се изгради работещ модел между феномените на Пиаже и Станфордската ревизия на Бине-Терман (ПБТ).

Самите феномени са подробно описани в редица публикации на Ж. Пиаже, но поради трудния стил и изложение, тук препоръчваме да се използва чудесният превод и адаптация от Б. Минчев [3], който при подготовката е използвал широко великолепния каталог *Piagetian Inventories. The Experiments of Jean Piaget* [4].

Описанията на експериментите дават възможност на всеки учител да ги проведе и да установи на какъв стадий се намира ученикът. Това, от своя страна, може да се свърже с методиката за проследяване на интелектуалното развитие на Бине-Терман, където чрез несложна формула може лесно да се изведе и *IQ*-то на ученика. Разбира се, тъй като предложената корелационна система е инвариантна, това предполага, че при известно *IQ* на ученика учителят може лесно да се ориентира и към кой стадий принадлежи той и съответно да адаптира учебния материал.

2.1. Стадиален модел на Ж. Пиаже

Пиаже разделя когнитивното развитие на децата и юношите на четири стадия:

- сензомоторен – 0-2 години;
- предоперационален – 2-6 години;
- конкретно операционален – 7-11 години;
- формално операционален – 12-15 години.

Ж. Пиаже е убеден, че всички деца преминават последователно през тези етапи и никой не може да пропусне даден стадий, макар че отделните деца преминават през етапите с различен темп.

Определянето дали детето е достигнало или не даден стадий става посредством експерименти, станали известни като феномени на Пиаже.

Например на сензомоторния етап, ако покриете шишето на бебето с кърпа, то няма да я махне, защото вярва, че шишето е изчезнало. Към двегодишна възраст обаче децата разбират, че обектите съществуват, дори ако не могат да се видят [5].

При предоперационалния период, ако пред детето бъде излято мляко от висока и тясна чаша в широка и ниска чаша, детето ще е сигурно, че във високата чаша е имало повече мляко. Това е така, понеже детето през този период се фокусира само върху един елемент – височината на млякото в чашата – игнорирайки всички останали, и не може да бъде убедено, че количеството мляко е едно и също [6].

2.2. Станфордска ревизия на Бине-Терман (*Binet-Terman* (Л. Терман, М. А. Мерил – 1960))

Лавренцова [1] отбелязва, че иновативно и дългосрочно по своя характер изучаването на надареността, започнато от Терман и колегите му в Калифорния, САЩ, още през 1921 г. и продължило няколко десетилетия, позволява да бъдат установени следните важни резултати:

- високото ниво в развитието на интелекта (IQ 140 и по-високо) служи като обективен критерий за определяне надареността у децата;
- съществуват много повече хора с високо и много високо IQ , отколкото се смятало преди;
- способностите на децата с високо и много високо IQ обикновено не са ограничени от един училищен предмет;
- тези деца често изпреварват в развитието си своите съученици с от 1 до 3 години.

Методиката е приложима за проследяване на интелектуалното развитие във възрастта от 3 до 16 години. Адаптирана е през 1973 г. от Г. Пиръов. В стълбицата на всяка възраст са дадени по 6 тестови задачи за решаване. Към някои от тях има посочени по няколко субтеста. След всеки тест е посочен броят верни отговори, необходим за да се постави положителна оценка. До 10-годишна възраст всеки разрешен тест се оценява като постижение за два месеца развитие, до 12 години – за три месеца, 13-14 години – за четири месеца, 15-16 години (средно развит възрастен) – за пет месеца [7].

Изследването започва с поставяне тестовите задачи за навършена календарна възраст на изследваното лице. Ако детето реши успешно всички задачи за 5-годишна възраст, се преминава към тези от следващата възраст и така, докато дава верни отговори. Ако не може да се справи със задачите за 5-годишна възраст, се дават задачи за 4-годишни. При изчисляване на реалната умствена възраст на изследваното дете, за основа се взема тази възраст, в която е дало сто процента верни отговори. Тази възраст се превръща в месеци развитие. Всички решени тестови задачи от по-горни възрасти (по тяхното стойностно значение) се прибавят към взетата за основа възраст. В резултат се получава реалната умствена възраст на изследвания в месеци развитие. Календарната възраст също се изчислява в месеци, след което получените стойности за умствена и календарна възраст се пресмятат по формулата:

$IQ = \text{Умствена възраст} \times 100 / \text{Календарна възраст}$

Тестът се провежда и обработка, като се следва календарната възраст на изследваното лице, а тестовите задачи са подредени последователно за 4-годишни, 5-годишни, 6-годишни, 7-годишни, 8-годишни, 9-годишни, 10-годишни, 11-12-годишни, 13-14-годишни и 15-16-годишни. Това позволява пряко свързване с феномените на Пиаже, които също са подходящи, структурирани по възрастов признак.

Разбира се, разработването и внедряването на подобни модели би трябвало да се извършва много внимателно. Например К. Ръсел [8] отбелязва, че училищата са организирани така, сякаш всички деца преминават от дооперационния към стадия на конкретните операции през лятото между детската градина и първи клас и те всички стават формални мислители, преди да навлязат в средния курс.

3. Феномени на Пиаже

Тук се описват три от феномените на Пиаже – запазване на веществото, запазване на теглото и запазване на постоянната скорост и техните взаимоотношения, чрез които може да се реализира този корелационен модел.

3.1. Запазване на веществото

Феноменът установява, как детето си създава понятие за запазване на вещество чрез трансформациите, на които е подложен един предмет (топка пластилин).

Използвани материали: 2 топки пластилин.

Пред детето се поставя топка пластилин. Изследващият му дава друга, по-голяма топка, и го приканва да направи още една топка, голяма колкото тази, която стои срещу него. След като бъдат направени две приблизително еднакви топки, изследващият деформира една от тях, като я потупва подобно на палачинка и прави от нея нещо подобно на наденичка или пък я разделя на няколко малки парчета. Тогава той пита детето, дали двете топки имат същото количество вещество („има ли еднакво количество глина в двете“) и дали тяхното тегло и обем са същите. Детето трябва да обоснове своите отговори. След всяка деформация първоначалната ситуация на равенство между двете топки се възстановява и се признава като такова.

Резултати:

Равнище 1 (5-7 год.). Понятието за запазване липсва. Всяка от трансформациите на една от топките води или до увеличаване, или до намаляване на количеството вещество. Тъй като вниманието на детето се фиксира само върху едно измерение (дължина, височина, дебелина и пр.), то мисли, че топката съдържа по-малко глина, отколкото „наденичката“ защото топката е „по-широка“, или пък наденичката има повече глина, защото е продълговата и т.н.

Равнище 2 (6-8 год.). Детето приема запазването, докато деформациите остават незначителни, и обяснява, че „това е същото количество, защото ние не сме махнали никаква глина“ или „защото ние можем да направим същата топка отново“ и пр. Когато трансформациите са твърде големи, вниманието на детето се насочва към изменението, което го поразява най-много.

Равнище 3 (7-12 год.). Запазването на веществото изглежда на детето необходимо, каквито и трансформации да претърпява първоначалното вещество. Разликите взаимно се компенсират или унищожават всеки път.

3.2. Запазване на теглото

Чрез този феномен се изследва, как се придобива понятието за неизменност на теглото при деформирането на един предмет. Установено е, че представата за запазването на теглото се постига след формиране на понятието за запазване на веществото.

Необходимо е следното оборудване:

- домашна везна;
- 2 топки пластилин с еднаква големина.

Първо, детето трябва да се увери, че двете топки имат едно и също тегло. След това изследващият деформира една от двете топки по следните начини:

- издължава я като наденица;
- разточва я като палачинка;
- накъсва я на малки парчета.

След всяка от горните деформации той пита детето, дали двете парчета глина имат еднакво тегло. Изисква се детето да обоснове своя отговор. След всяка трансформация изследващият възстановява изходната ситуация, като прави топките еднакви на вид и ги тегли на везната, така че детето да осъзнае първоначалното равенство на теглата. Също детето бива питано, дали теглото остава същото, ако една от топките бъде окачена на връв и разлюляна като махало, докато другата остава неподвижна. Желателно е последната ситуация да се проиграе реално.

Резултати:

Равнище 1 (6 год.). Никакво понятие за запазване на теглото. Запазване на веществото при незначителни трансформации.

Равнище 2 (6-11 год.). Запазване на веществото във всички случаи. Понятие за запазване на теглото липсва. Напр. „наденицата“ не е толкова тежка, колкото топката, защото е по-тънка и по-издължена и пр.

Равнище 3 (8-11 год.). Детето признава, че има запазване в следните случаи:

- глината е същата;

- ако се превърне отново в топка, това би било същото нещо;
- палачинката е по-тънка, но е по-голяма.

Равнище 4 (8-12 год.). Детето веднага потвърждава неизменността на теглото, като дава правилни аргументи за това.

3.3. Запазване на постоянни скорости и техните съотношения

Феноменът изследва разбирането на детето за неизменност на равномерното движение.

На детето се показват две успоредни прави линии, изобразени върху лист хартия. Изследващият обяснява, че по едната линия пътува кола, а по другата – велосипед. Двете превозни средства тръгват сутринта по едно също време. Колата пътува до вечерта и изминава определено разстояние (отбелязва се, да речем, с 4 cm) а велосипедистът изминава половината разстояние (отбелязва се върху листа с 2 cm).

Изследващият първо пита детето дали то схваща едновременността на тръгването и на пристигането, и еднаквото времетраене на пътуването. След това се пристъпва към основното изследване.

Детето бива питано за:

- запазването на постоянна скорост (равенство на разстоянията);
- запазването на разликите между постоянните скорости;
- оценката на относителните скорости;
- изминатото разстояние за половин ден съответно от колата и велосипеда;
- колко време е нужно (брой дни) на велосипедиста, за да догони колата, която по някое време е спряна;
- равномерното увеличаване на абсолютните разстояния между точките на пристигане на двете превозни средства.

Резултати:

Равнище 1 (5-7 год.). Детето не допуска запазване на скоростта. То оценява скоростите по отношение на точките на пристигане. Според детето равенството на скоростите не е необходимо да зависи от равенство на пропътуваните разстояния. Детето вижда една постоянна, абсолютна разлика между двете превозни средства.

Равнище 2 (6-7 год.). Детето допуска запазване на скоростта само в случая с колата. Детето приписва една и съща скорост на двете превозни средства. Разликата в точките на пристигане и за двете превозни средства е абсолютна и постоянна.

Равнище 3 (7-8 год.). Детето допуска запазването на постоянни скорости. Според него, тъй като времената и скоростите са еднакви, и пропътуваните разстояния трябва да са еднакви. Детето вече е придобило понятия за синх-

ронност и едновременност. В случая с половината път, съотношението (пропорцията) 2 към 1 бива установено само за колата. Въпреки наблюдаваните данни, детето не успява да предскаже равномерно увеличаване на разстоянията между точките на пристигане. То е неспособно да формулира закон, според който велосипедистът изминава половината от разстоянието, пропътувано от колата за едно и също време.

Равнище 4 (7-8 год.). Детето проявява същите реакции както на предишното равнище, но то обобщава и за велосипедиста решението, открито за колата по отношение на половината път. Детето открива съотношението 2 към 1.

Равнище 5 (10-11 год.). Детето извежда връзката между постоянната скорост и пропорционалността. То предрича равномерното нарастване на разстоянията между точките на пристигане на двете превозни средства, както и неизменността на отношението на изминатите разстояния.

4. Анализ

След като проведем експериментите, как аналитично можем да определим дали един ученик е талантив или не?

Например, ако един ученик е на навършени 6 календарни години, но според резултата от проведения експеримент с феномена на Пиаже – запазване на постоянните скорости и техните взаимоотношения, се установи, че е усвоил понятията за синхронност и едновременност (въпреки че все още е неспособен да формулира закон, според който велосипедистът изминава половината от разстоянието, пропътувано от колата за едно и също време), това означава, че е на равнище 3, т.е. умствената му възраст отговаря на 8-годишно дете. При корелационното сравнение с теста на Бине-Терман, след изчисление по формулата от теста, това дава IQ 133, което означава, че лицето може да се класифицира в горната граница на интелектуално развитие.

Както споменахме, може да се говори за инвариантност при предложениния модел. Това ще рече, че моделът трябва да работи и в обратна посока със същия успех, т.е. при определено вече IQ от външен специалист, учителят да е в състояние да определи на какъв стадий е обучаваният ученик. Например, ако в досието на ученика, което е създадено след изследването му от екипа за личностно развитие в училището или пък от външен специалист, се установи, че едно шестгодишно дете има IQ 116, лесно може да се пресметне и след това да се види от теста на Бине-Терман, че детето е на умствена възраст от седем години. Това означава, че независимо, че календарната му възраст го класифицира към предоперационалния стадий, умствената му възраст го определя към следващия по-висок стадий – операционалния.

Подобен модел би позволил на общообразователния учител, както и на екипа за подкрепа за личностно развитие в училището, лесно да се ориентират в способностите на надарения ученик и да изработват индивидуални

програми, адекватни на развитието му. Например за един ученик, който е в V клас и е на единайсет години, но според изследването попада в по-високия стадий на формалните операции, може да бъде изработена такава индивидуална програма, която да покрива материал от VI клас и ученикът да бъде изпитван върху материал, който отговаря на умствената му възраст, вместо често да скучае в клас върху материал, считан от него за елементарен.

5. Заключение

Както посочихме, интелигентността, измервана с психометрични тестове и установяваната чрез феномените на Пиаже, са с висока степен на взаимодействие. Това позволява създаването и на работеща корелация между феномените на Пиаже и тестът на Бине-Терман. По този начин всеки учител може да повтори експериментите на Пиаже и да установи на какъв стадий се намира ученикът, което пък след това лесно може да се проследи по скалата на интелектуалното развитие на Бине-Терман и *IQ*-то на изследваното лице.

Предложеният модел Пиаже-Бине-Терман е гъвкав, което означава, че при известно *IQ* на ученика учителят може лесно да се ориентира и към кой стадий принадлежи той и съответно да адаптира учебния материал към процеса на обучение на надарения ученик.

Литература

- [1] Е. В. Лавренцова, *Влиянието на социума върху развитието на надарени и талантиливи деца*, Списание „Педагогически форум“, бр. 3, 1-7 (2015).
- [2] Д. Л. Тодорина, *Технологичен модел за подготовка на бъдещите учители за работа с надарени деца: Изграждане и измерване на компетентности*, Унив. изд. „Неофит Рилски“, Благоевград (2009).
- [3] И. Башовски, Б. С. Минчев, В. Банова и Н. Минчева, *Психологично изследване на детето в начална училищна възраст*, Изд. Веда – Словена, София (1996).
- [4] *Piagetian inventories: the experiments of Jean Piaget*, Centre for Educational Research and Innovation, Paris (1977).
- [5] Ж. Пиаже, *Психология на интелекта*, Сп. „Педагогика“, бр. 8, 4-87 (1996).
- [6] Р. Славин, *Педагогическа психология*, Наука и изкуство, София (2004).
- [7] В. З. Борисова и Р. П. Арnaudова, *Възрастова динамика и диагностика на психичното развитие*, УИ „Св. Климент Охридски“, София (1999).
- [8] К. Ръсел, *Как да научим учениците да мислят: Теорията на Жан Пиаже в практиката*, Унив. изд. „Паисий Хилендарски“, Пловдив (1996).

PIAGET'S APPROACHES FOR IDENTIFICATION OF TALENTED STUDENTS IN SCIENCE

Milen Z. Zamfirov

The question of early identification of talented students, the support of their families and the special education for achieving full realization of their capacities remains unsolved and undiscovered. There is no unified developed and approved pedagogical system for teaching talented students in Bulgarian schools. For this purpose, we suggest a theoretical model, which would enhance talented students identification and provide opportunities for their teachers to work with them properly.

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

Банкова сметка: Първа Инвестиционна Банка

IBAN: BG91FINV91501215737609; BIC: FINVBGSF

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

- Книжарницата на Математическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5
 - Книжарница Технически университет – София, блок 10
 - 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
 - по време на Лекторията „Светът на физиката на живо“
-

МЪДРИ ДЕФИНИЦИИ

В тази рубрика ще публикуваме отговори на тестови въпроси от изпити по физика. Оригиналният правопис е запазен. Целта не е да се надсмеем над отговарящите, макар че отговорите често предизвикват смях. Повечето от тях не са лишени от смисъл, както би могло да ни се стори от пръв поглед, макар че има и такива. В тях по-скоро прозира непознаване на езика на науката, неумение да се формулира ясна и чиста мисъл, както и слабо познаване на българската граматика и правопис.

Инерциална отправна система е система в която инерциалният момент не се губи.

Инерциалната отправна система има съпротивление на настилката.

Импулсът представлява определена енергия, която се предава м/у тела, които ако са с еднакви характеристики биват повлияни по един и същ начин. (Люлката на Нютон).

Идеално твърдо тяло е тяло със сферична форма изработено от метал.

Определение за идеално твърдо тяло ползваме в дялът механика. Като не се влияем от формата и габаритите на същото. Интересува ни масата m и в частни случаи триенето действащо му.

Физичната величина маса е единица за теглото на даден предмет или колко тежи определения обект.

Моментна скорост (m/s^2)

Тяло с маса (m) се движи с определена скорост зародена от сила ($\vec{F}$), но заради силите на триене, скоростта намалява, докато $\sigma = 0$ (m/s^2).

Нормалното ускорение е явление при което силата придадена на 1 тяло се премества спрямо др. тяло.

Закон на Кулон:

Преминаване на равни разстояния един от друг на електрични заряди от единия полюс в другия. Докато преминават остава пространство около тях.

ЧЛЕН-КОРЕСПОНДЕНТ ЧАВДАР СТОЯНОВ НА 75 ГОДИНИ



Член-кореспондент Чавдар Стоянов е завършил Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ през 1968 г., специалност атомна физика. След дипломирането си започва работа във Физическия институт на БАН. От 1970 г. до 1981 г. е командирован и работи в Лабораторията по теоретична физика на Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯИ) в Дубна, където през 1983 г. защитава дисертация и получава научната степен „Доктор на физико-математическите науки“. От 1982 г. работи в Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ), където през 1987 г. е избран за професор, а от 2004 г. е член-кореспондент на Българската академия на науките.

Основната тема в научните изследвания на чл.-кор. Стоянов е развитие и приложение на Квазичастично-Фононния Модел (КФМ) на атомното ядро. В момента това е водещият модел на атомното ядро и представлява алтернатива на придобилите широка известност модели: модел на взаимодействащите бозони (авторите на модела на взаимодействащите бозони са предлагани няколко пъти за Нобелова награда) и слоест модел.

В рамките на КФМ са получени редица уникални резултати, недостъпни за други модели. Направени са редица предсказания, свързани с конкретни ядрени процеси, голяма част от тях са потвърдени експериментално. Използвайки КФМ, Чавдар Стоянов изяснява динамиката на колективното и едночастичното движение в ядрата, обяснява механизма на емисия на частици от атомните ядра и изяснява структурата на ширините на гигантски диполни резонанси и на високовъзбудените едночастични състояния. За класификация на тези процеси чл.-кор. Стоянов и неговите ученици дефинират „бозонно забранени“ преходи, чрез които се разграничават определени процеси в ядрата. Редица експериментални групи използват получените резултати за интерпретация на своите данни и за планиране на нови експерименти.

Чл.-кор. Чавдар Стоянов участва и в редица проекти за приложения на ядрено-физични методи. Такъв е проектът „Енергия & Трансмутация“. В сътрудничество с ОИЯИ – Дубна ръководената от него българска група работи по създаване на релативистка ядрена технология за получаване на енергия и преобразуване (трансмутация) на радиоактивни ядра, т.е. за ликвидиране на ядрени отпадъци, включително от ядрени реактори чрез ядрени методи.

Участва и в договори по Шестата рамкова програма на ЕС. Бил е член на Управителния съвет на *Project NuPNET-ERANET for Nuclear Physics Infrastructures*, на Европейската комисия по програмата *Coordination and support*

action. Представлявал е ИЯИЯЕ в редица европейски проекти – *EURONS*, *ENSAR* и др., чрез които българската ядрена колегия е легитимирана в Европейското изследователско пространство и съвместно с колективи от европейските страни българските учени получават достъп до най-модерна изследователска инфраструктура в големите европейски ядрени центрове.

Експертната дейност на чл.-кор. Стоянов е свързана с международни и български институции. Член е на Научния съвет на ОИЯИ – Дубна и е бил председател на Специализирания научен съвет на ВАК по „Ядрена физика, ядрена енергетика и астрономия“ от 2007 г. до закриването на ВАК.

Чл.-кор. Чавдар Стоянов притежава завиден организационен опит и участва като член и ръководител в научно-административните структури на БАН. Бил е председател на Консултативния съвет към ръководството на БАН „Енергийни ресурси и енергийна ефективност“, член на Общото събрание на БАН, председател на Комисията по академичната собственост към ОС на БАН, член на Управителния съвет на БАН.

Масщабна е научно-организационна му дейност. Участва в организацията на проведените от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика международни школи по ядрена физика, неутронна физика и приложения и на 8 от тях е председател на Организационния комитет. Избран е за съпредседател на Организационния комитет на Международния симпозиум – *International Symposium on Exotic Nuclei (ISEN – 2015)*, и за съдиректор на голямата Международна конференция „*Nuclear Structure and Related Topics 2018*“ (*NSRT18*), които са проведени в България.

През дългогодишната си изследователска работа чл.-кор. Стоянов е разработил оригинални методи, които са обогатили и разширили възможностите за описание на структурата на атомните ядра в широк диапазон на енергията на възбуждане. Създал е собствено изследователско направление (школа), което се ползва с авторитет в ядрената колегия по света. Той е автор и съавтор на повече от 200 научни труда. Докладвал е научните резултати на пленарни заседания на конференции и школи в САЩ, Япония, СССР, Русия, Китай, страни от Европейския Съюз и у нас.

Активната научна, научно-организационна и експертна дейност на чл.-кор. Чавдар Стоянов е оценена високо и той е награждаван многократно. През 1980 г. е награден с Първа премия на ОИЯИ – Дубна за участие в развитието на КФМ. Удостоен е с награда на БАН „Акад. Г. Наджаков“ (1989), а през 2014 г. е награден с Почетен знак на БАН „Марин Дринов“.

Редакционната колегия на „Светът на физиката“ поздравява чл.-кор. Чавдар Стоянов с неговата 75-та годишнина и му пожелава здраве, творчески ентусиазъм, успехи и лично щастие. Той е наш автор и оценяваме високо заслугите му към списанието. Подкрепата му, особено в преходния за списанието период след 2015 г., е неоценима.

ПРИЛОЖНА ФИЗИКА И КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ – МОДЕРНАТА СПЕЦИАЛНОСТ

В рамките на кандидатстудентската кампания 2019, Техническият университет – София представя специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“.

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



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

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

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

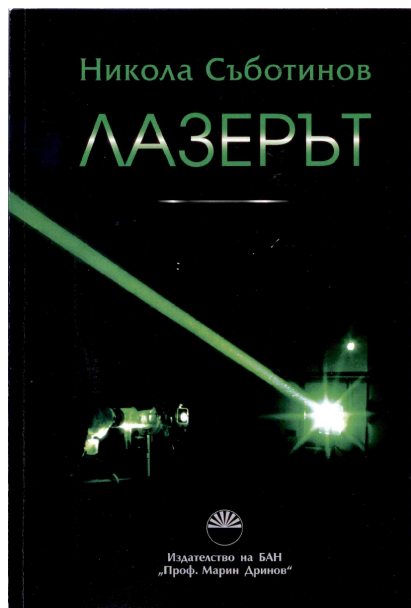
Подходящо място за приложение на получените знания и умения може да бъде изследователска работа в институтите на БАН и университетите, преподаватели в университети, търговски представители или дистрибутори на техника, представители на фирми, занимаващи се с инженерингова дейност.



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

ЛАЗЕРЪТ

Академик Петър Атанасов



На 16.01.2019 г. пред българската научна общност се състоя представянето на книгата „ЛАЗЕРЪТ“ с автор академик Никола Съботинов. Това е една книга, описваща подробно възникването на оригинална идея, довела до откриването на лазера с меден бромид, пътя на проведените широки научни изследвания и издаването на патент у нас, продажбата му и внедряването на производството му у нас и в чужбина. Отбелязани са и някои от приложенията на този вид лазер. Оригиначните идеи и конкретните експериментални решения на автора се базират на творческото му мислене и въображение, както и на отличното познаване и анализ на публикуваните статии от чуждестранни учени. Съществен момент от творческия процес представлява осъществяването на

идеята за силното влияние на водорода върху параметрите на лазера. Така първоначалните идеи на Съботинов се реализират на качествено ново ниво – създаден е най-мощният изцяло български газов лазер, генериращ във видимата област на електромагнитния спектър.

Значимите постижения на автора са основание на чуждестранни учени да търсят сътрудничество с него и ръководения от него колектив и така да бъдат реализирани голям брой мащабни съвместни проекти. Участията в международни научни форуми и изложения, посещенията във водещи световни лазерни лаборатории и фирми на изток и на запад, срещите с известни чуждестранни учени у нас и в чужбина допълнително допринасят за оформянето на цялостната картина на творческия процес. Трябва да отбележа, че това, за което мечтае всеки учен с вкус към иновациите, е постигнато по особено оригинален начин от акад. Съботинов и подробно е описано в книгата. Авторът отдава дължимото и на своите колеги и сътрудници от лабораторията си, както и на ръководството на БАН и Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ).

Особено внимание за високите научни пионерни приноси на акад. Съботинов заслужават оценките на видни световни учени като акад. Н. Басов, Нобелов лауреат за откриването на лазерите, проф. К. Уеб от Великобритания,

водещ учен в областта на лазерите с метални пари, проф. К. Фюджи от Япония, д-р Дж. Чанг и д-р Б. Уорнър от Националната лаборатория „Ливърмор“ в САЩ, д-р К. Литъл от Университета „Сейнт Андрюс“, Шотландия, както и на научните авторитети у нас като акад. А. Балевски, председател на БАН, и акад. М. Борисов, директор на ИФТТ.

Появата на тази книга, описваща създаването и реализирането на български лазер на световно ниво, е добър повод за гордост на българската физическа колегия и БАН. Оригинални идеи и много, много труд и упоритост, както и увереност в своите сили и правотата на идеите са в основата на тези успехи в международен мащаб. Поздравявам моя колега и приятел за тази книга и за сетен път се убеждавам, че иновативните идеи могат да се реализират само след сериозни научни изследвания и много упорита работа.

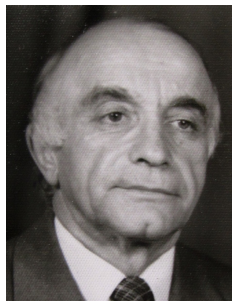
ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ

wop.phys.uni-sofia.bg

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

ХРИСТО Д. ДИМИТРОВ (1930 – 2018)

Христо Попов



На 28.12.2018 г. ни напусна колегата Христо Димитров. Възпитаник на Габровския техникум по механо- и електро-техника „Д-р Н. Василияди“, през 1950 г. той става студент по физика в тогавашния Физико-математически факултет на Софийския университет, който завършва с отличен успех през 1955 г. Същата година е назначен като асистент в катедра „Теоретична физика“ на Факултета. Като такъв ръководи семинарни упражнения по математични методи на физиката¹, теоретична механика, термодинамика и статистическа физика.

В началото на 60-те години на миналия век в Катедрата започна да се формира силна група от специалисти по теория на твърдото тяло. Пръв, като аспирант на проф. Бонч-Бруевич в Московския университет, през 1962 г. замина Христо Димитров. Темата, върху която работи, е свързана с електронната теория на твърдото тяло – една тематика, на която остана верен до края на живота си. В катедрата се върна през 1966 г., а дисертация защити през 1969 г. В периода 1970/71 г. специализира в Международния център по теоретична физика, Триест, Италия. Хабилитира се през 1984 г.

След края на аспирантурата и до пенсионирането му (1991) Хр. Димитров продължи да отделя голямо внимание на преподавателската си дейност. На студентите – бъдещи учители по физика, чете лекции по теоретична физика (теоретична механика и електродинамика), математични методи на физиката и химията за студенти от специалност учител по химия и физика, теоретична механика за специалност инженерна физика. За пръв път у нас създаде и в продължение на 15 години (1967-1982) чете курс по квантова теория

¹Освен да пресмятам дивергенции и ротации от многократни произведения на вектори, тензори и пр., със своя пример за държание и поведение Хр. Димитров ме е учил и на много от нещата, които се смятат задължителни елементи на академичната етика. (Само, че това, последното, осъзнах доста по-късно, когато се сблъсках с множество примери за обратното). Именно той ми помогна да се ориентирам към теоретичната физика, а впоследствие станахме и колеги. Нас ни свързваше и фактът, че сме съграждани, габровци. Накрая, през последните години, се оказа, че Хр. Димитров остана и последният мой жив университетски преподавател физик. Всичко това отбелязвам като пояснение за наличието на онези лични елементи, които, несъмнено, се забелязват в написаното по-горе.

на твърдото тяло. Беше справедлив, взискателен и строг, но толерантен² преподавател.

Христо Димитров беше три години отговорен секретар на Централното ръководство на Българското физико-математическо дружество³.

Бившите му студенти и хората, които го познаваха, ще запазят светъл спомен за Хр. Димитров.

²През 60-те години на миналия век, когато катедрата ни се помещаваше още на третия етаж в зданието на днешния Факултет по химия и фармация, из факултета се носеше мълвата, че Хр. Димитров изпитвал няколко задочника до 2 часа през нощта, търпеливо изчаквайки ги да напишат все пак нещо по въпросите, които им се паднали. Не се съмнявам, че мълвата е вярна, както и не вярвам, че днес е възможно подобно нещо. А, ако се случи, със сигурност ще се окаже, че е нарушен някакъв закон или правилник. (Навремето единственото правило, което гледахме да спазваме по време на изпитите, бе преподавателят да не остава в залата или в кабинета си сам с последния от изпитваните студенти).

³Което впоследствие се раздели на Съюз на математиците и Дружество на физиците.

ДОЦ. Д-Р СЕРАФИМ НИКОЛОВ

(1942 – 2018)



Доц. д-р Серафим Николов завършва висшето си образование в Софийския университет „Св. Климент Охридски“ през 1968 г., специалност Физика на полупроводниците. Специализира ядрено-физични и спектроскопски методи и магнитни материали в същия университет. Защитава дисертация за степента „доктор“ (тогава „кандидат на физическите науки“) на тема „Изследване на аморфни и неподредени материали с помощта на Мьосбауерова спектроскопия“.

Професионалният му път преминава като университетски преподавател и изследовател. Кариерата си започва като асистент в катедра „Физика“ във ВМЕИ – София. Работи като редовен и хоноруван асистент в катедра „Физика“ в ХТМУ – София и Централна научноизследователска лаборатория (ЦНИЛ) във ВХТИ – София. През 1992 г. постъпва във ВМЕИ – София като доцент в Института по приложна физика. Преподава на български и френски език. От 2000 до 2007 г. е директор на Департамента по приложна физика в ТУ – София.

Автор е на 27 научни статии, 8 изобретения в областта на окисни полупроводникови стъкла, прибори, аморфни метали и др. и на редица учебници, учебни сборници и помагала, като „Физика – част I“ (в съавторство, 1995, 2003), „Записки по лабораторна физика“ (в колектив 1976, 1984), „Сборник задачи по физика“ (в съавторство, 1981, 1989), сборници с текстови въпроси и задачи част I и II (в съавторство, 2006, 2010). Участва като рецензент в научни комисии и журита при защиты на дисертации и за хабилитиране.

Участва активно в работата на Съюза на физиците в България (СФБ). Бил е член на Управителния съвет на Съюза. Въпросите по обучението по физика на различните нива от училището до университета са сред неговите приоритети. Взема дейно участие в ежегодните конференции по въпросите на обучението по физика, организирани от СФБ.

Доц. д-р Серафим Николов беше личност с широки интереси в различни области. Вълнуваше го историята на България и нейното бъдеще. Той беше човек с ясна гражданска позиция.

Поклон пред паметта му!

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

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

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

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

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Корица: Светлинни конуси в пространството на Минковски.

НАШИТЕ АВТОРИ:

Сашка Александрова – проф. дтн, Технически университет, София;

Станислав Божков – студент, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;

Мариана Кънева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;

Светлен Тончев – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН и
Водещ учен в Нюпорт – МКС, Рочестър;

Елка Караколева – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;

Динко Динев – доц. д-р, Институт за ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН;

Ангел Гивечев – Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

Иван Лалов – проф. дфн, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

Никола Балабанов – проф. дфн, Пловдивски университет „Паисий
Хиландарски“;

Милен Замфиров – доц. д-р, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“;

Петър Атанасов – академик, Институт по електроника, БАН.

Христо Попов – проф. дпн, Софийски университет „Св. Климент Охридски“;

РЕДАКЦИОННО

ЮБИЛЕЙ

– проф. дфн Нъшан Ахабабян на 85 години

НАУКА

– С. Божков – Пътуване във времето, част 2
– М. Кънева, С. Тончев, Е. Караколева – Сензорни елементи на основата на протонно-обменени вълноводи в LiNbO_3
– Д. Динев – Физиката на високите енергии след Големия адронен колайдър

НАУЧНИ НОВИНИ

– Новите дефиниции на мерните единици

НАГРАДИ

– Проф. Бари Бариш – доктор хонорис кауза на Софийския университет
– Д-р Виктория Атанасова с грамота от Конкурса на СУБ` 2018

НАУКА И ОБЩЕСТВО

– Нобеловите институции и равенството в науката
– Научни статии, които издържат теста на времето
– И. Лалов – Физика – общество – култура

ФИЗИКА И ИКОНОМИКА

– Поглед към икономиката чрез прости физични модели

ИСТОРИЯ

– Н. Балабанов – Приносът на Найдено Геров и Йоаким Груев в разпространението на физически знания в нашата страна

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– М. Замфиров – Подходи на Пиаже при идентифицирането на талантливи ученици по природни науки
– Мъдри дефиниции

ГОДИШНИНА

– Член-кореспондент Чавдар Стоянов на 75 години

КНИГОПИС

– П. Атанасов – Лазерът

IN MEMORIAM

– Х. Попов – Христо Д. Димитров
– Доц. д-р Серафим Николов

EDITORIAL 1

JUBILEE

– 85th anniversary of prof. Nashan Ahababyan3

SCIENCE

– S. Bozhkov – Time travel, part 24
– M. Kuneva, S. Tonchev, E. Karakoleva – Sensing elements based on PE technology in LiNbO_3 18
– D. Dinev – High Energy Physics beyond the Large Hadron Collider29

SCIENCE NEWS

– New definitions of measurement units40

AWARDS

– Prof. Barry Barish – doctor honoris causa of the Sofia University47
– Dr. Victoria Atanassova with an award from the USB` 2018 contest48

SCIENCE AND SOCIETY

– Nobel institutions and diversity in science49
– Papers that stand the test of time54

– I. Lalov – Physics – Society – Culture60

PHYSICS AND ECONOMY

– Economics made simple with physics models70

HISTORY

– N. Balabanov – Nayden Gerov and Yoakim Gruev's contribution to spreading physics knowledge in Bulgaria72

PHYSICS AND TEACHING

– M. Zamfirov – Piaget's approaches for identification of talented students in Science80
– Smart definitions90

ANNIVERSARY

– 75th anniversary of corresponding member of BAS Chavdar Stoyanov91

BIBLIOGRAPHY

– P. Atanassov – The Laser95

IN MEMORIAM

– Ch. Popov – Hristo Dimitrov97
– Assoc. prof. Serafim Nikolov99