



СЪЮЗ  
НА ФИЗИЦИТЕ  
В БЪЛГАРИЯ

4'19

СВЕТАТ  
СВЕТАТ  
СВЕТАТ  
СВЕТАТ

---

НА

---

ФИЗИКАТА

---

# С В Е Т Ъ Т Н А Ф И З И К А Т А

ТОМ XLII, кн. 4, 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

Иван Лалов, Евгени Попов,  
Радостина Камбурова, Борислав  
Павлов, Светлен Тончев, Желязка  
Райкова, 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

Ivan Lalov, Evgeni Popov,  
Radostina Kamburova, Borislav  
Pavlov, Svetlen Tonchev,  
Zhelyazka Raykova, 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](mailto:worldofphysics@abv.bg)

Предпечатна подготовка: Л. Атанасова

ISSN: 0861-4210

## РЕДАКЦИОННО

## Пътят към звездите

Нобеловата на града по физика за 2019 г. беше присъдена „за принос към нашето разбиране за еволюцията на Вселената и мястото на Земята в Космоса“. Видима Вселена, тъмна материя, тъмна енергия, екзопланети. Физиката става все по-завладяваща и сякаш все по-изплъзваща се за непосветените.



Стана традиция при обявяване на Нобеловите награди обявяващият да демонстрира метафорично темата. Тази година тъмната енергия беше кафето, тъмната материя – сметаната, а щипката захар – „Това сме ние, планетите, светът, който виждаме“. Миналата година лазерната уловка беше подскачащо топче, поддър-

жано от въздушна струя, още по-отдавна илюстрация на топологична фаза беше геврекът. Как се е развила нашата Вселена след Големия взрив, самотна ли е нашата Земя в тази Вселена? Тези въпроси вълнуват всички, не само учените. Дори съобщението на Нобеловия комитет, предназначено за широката публика, следва романтично-поетичен маниер. Сякаш не е случайно, че първата открита екзопланета, подобно на нашата Земя, обикаля около свое слънце, което носи името Пегас, летящият митологичен кон.

Вселената неохотно споделя своите тайни с нас. В първото издание на *Nature* преди 150 години Томас Хъксли (*Thomas Huxley*), помолен да напише уводната статия, цитира част от есе, вероятно написано от Гюте, „чудесна рапсодия за природата“, което в свободен превод казва следното:

*„Природата! Ние сме обхванати и прегърнати от нея – неспособни да излезем и неспособни да навлезем по-дълбоко. Без покана и без предупреждение тя ни увлича и ни понася в своя танц, докато се изтощим и паднем от ръцете ѝ. Тя създава вечно нови форми, това, което е, никога не е било, което е било, не се завръща – всичко е ново и въпреки това винаги старо“.*

Замислено за широка аудитория, днес *Nature* е мултидисциплинарно научно списание, едно от най-високо ценените научни издания в света. Понастоящем научните списания, където учените публикуват своите резултати са много. Отдавна е отминало времето, когато обменът на информация е ставал чрез писма, но е вдъхновяващо да прочетем за научния спор между Рене Декарт и неговия ментор и приятел за разпространението на светлината.

Как върви научното търсене, как носителите на тазгодишната Нобелова награда са постигнали своите забележителни резултати, се разказва в първата статия на настоящия брой. Не всяко изследване, обаче, води до впечатля-

ващи положителни резултати. Какво се случва, ако резултатите са отрицателни? Такива резултати трудно се приемат за публикуване, тъй като често се свързват с неправилно поставен проблем и сигнал за ниска компетентност, а кариерата на един учен зависи от публикационната му активност. А какво се случва, ако искате да опровергавате собствени или чужди резултати? Може да се окаже трудно. Приемането на факта, че благодарение на неуспешните моменти в научните изследвания (ако експериментите и анализите са извършени коректно) можем да научим много, означава да ценим истинското знание.

През настоящата година други учени са направили своите открития не в света на далечните звезди, както Нобеловите лауреати, а в сърцето на атома. Изследванията на вътрешната структура на нуклоните с 35-годишна история са извършени във високотехнологични лаборатории по елементарни частици. Впрочем целият ни живот в днешно време, както никога преди в историята, е в зависимост от съвременните технологии. Освен несъмнените предимства, тази зависимост ни излага и на заплахите от редица природни явления и катаклизми, които могат да имат временно и евентуални световни последици, като разрушат технологично зависими области и поставят населението в неблагоприятни условия. Освен заплахите, запазването на културното ни наследство зависи от модерните технологии, а те са свързани с напредъка на физичните знания и уменията да бъдат прилагани.

През тази година се навършват 140 години от рождението на Алберт Айнщайн и 100 години от потвърждаването на изводите от Общата теория на относителността, когато на 6 ноември 1919 г. Артър Едингтън обявява резултатите от експедицията си за наблюдение на пълно слънчево затъмнение в препълнена зала в Кралското физично дружество и Кралското астрономическо дружество в Лондон. Това е мигът, в който Айнщайн се превръща в легенда. По този повод в настоящия брой е представена книгата „Как виждам света“, която представлява сборник с есета и писма на големият физик и хуманист. Ето неговите думи за красотата и въздействието на науката и изкуството: *„Най-прекрасното усещане, което човек може да изпита, е усещането за мистерия. Това е основополагащата емоция, която се крие в люлката на изкуството и истинската наука...“*.

**Сашка Александрова**  
главен редактор на „Светът на физиката“

## АСТРОНОМИ С НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ПО ФИЗИКА ЗА 2019 г.

Валентин Иванов, Петко Недялков

В началото на октомври 2019 г. Нобеловият комитет обяви лауреатите на наградата по физика – тя бе поделена между канадско-американския астрофизик теоретик Джеймс Пийбълс от Принстън за неговите приноси в космологията и двама швейцарски астрономи наблюдатели – Мишел Майор и Дидие Кело от Женева, за първата открита планета извън Слънчевата система около звезда от слънчев тип – 51 Peg.

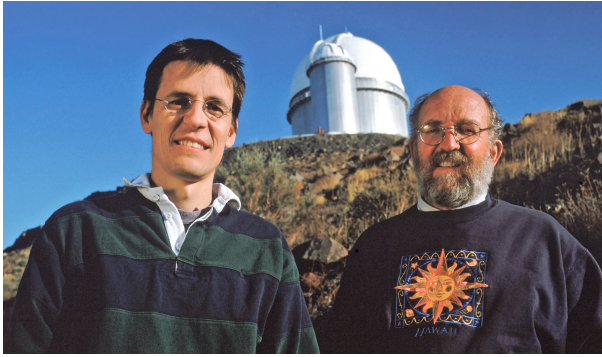


*Джеймс Пийбълс е роден в Канада през 1935 г. През 1962 г. защитава дисертация в Принстън, където работи до днес*

Пийбълс дава общоприетата днес интерпретация на наблюдавания космичен микровълнов фон, едно от трите главни наблюдателни доказателства в подкрепа на теорията за Големия взрив. Той е сред създателите на теорията на първичния нуклеосинтез, започнал секунди след началото на Големия взрив, когато се образуват повечето от наличните днес хелий и литий. Пийбълс е и пионер на теорията за едромасщабната структура на Вселената, която обяснява как са се образували куповете и свръхкуповете от галактики. Негова заслуга е описването на зависимостта на температурните вариации на космичния микровълнов фон като функция от ъгловото отстояние между две точки от небесната сфера с помощта на корелационна функция. На него принадлежат основни открития в динамиката на галактиките – заедно с Джеръми Острикър те формулират през 1973 г. критерий за стабилност на галактиките, който носи техните имена. Списъкът от постиженията му може да бъде продължен.

Но изследванията на Пийбълс са абстрактна математика, трудно разбираема дори за специалистите и почти напълно чужда на неспециалистите.

За разлика от него, Майор и Кело откриват екзопланета (така се наричат планетите извън Слънчевата система) – нещо, за което всеки, който е виждал снимка на Земята от Космоса, има интуитивна представа. По аналогия с човечеството ние очакваме, че всяка друга форма на живот и особено – на разум ще се развие на планета – дълбоко антропоцентрична гледна точка, която засега не можем нито да потвърдим, нито да опровергаем.



Дидие Кело (вляво) и Мишел Майор (вдясно) в Европейската южна обсерватория в Ла Сия, Чили, на фона на 3,6-м телескоп, с който са открити стотици екзопланети (<https://www.eso.org/public/images/ann12010a/>)

Откритието на двамата швейцарски астрономи е по-близко до обикновения човек и в далечна перспектива има значение за космическото бъдеще на човечеството.

Въпреки това между постиженията на тримата има общ знаменател – обединява ги миросгледното им значение. Тези открития промениха нашия светоглед. В „едър“ мащаб Вселената се оказа динамично място с гигантски, но измерими размери, и с обясними процеси, дори в най-далечното ѝ минало. В „дребен“ мащаб, при планетните системи се изправихме пред неоспорим наблюдателен факт, че планетите с размер, подобен на земния, са нещо обичайно в Млечния път.

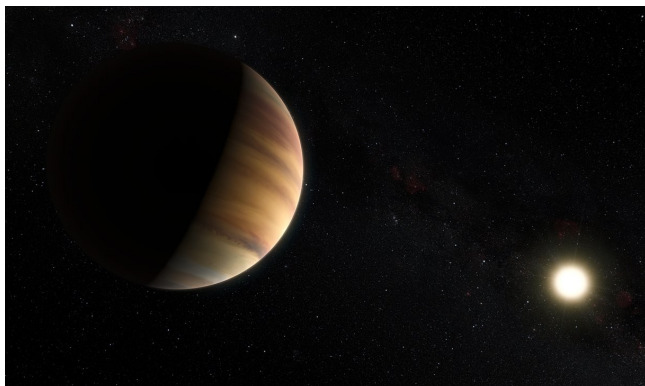
Пийбълс, Майор и Кело не са започнали от нулата. Те имат именити предшественици.

В известен смисъл съвременната космология датира от епохата на Коперник, който пръв „отмества“ Земята от центъра на Вселената, както е постулирал Птолемей преди двадесет и два века. Слайфер, Къртис, Лъометр, Хъбъл и Гамов правят ред критични стъпки, след които астрономията разполага с неопровержими доказателства, че обикновената Слънчевата система се намира в обикновена галактика, захвърлена в безбрежен океан от други, също толкова обикновени галактики.

Весто Слайфер от обсерваторията Лоуел открива червеното отместване през 1912 – 1914 г. Това е промяна в дължината на вълната на спектралните линии заради Доплеровия ефект, свързана с отдалечаването на далечните галактики от нас. През следващите няколко години Хибър Къртис от обсерваторията Лик в Калифорния осъзнава, че мъглявините, които дотогава астрономите считат за части от Млечния път, всъщност са далечни галактики. На 26 април 1920 г. той защитава убедително тази теза по време на дебат срещу Харлоу Шепли, астроном от Харвард, поставяйки началото на извънгалактичната астрономия.

През 1920-те Едуин Хъбъл, тогава в обсерваторията Маунт Уилсън, получава първите фотографии на отделни звезди в по-близките галактики и открива в тях цефеиди – пулсиращи променливи звезди. Периодът на пулсациите им е пряко свързан със светимостта им, както установява Хенриета Ливит през 1908 г. С помощта на установената от нея зависимост Хъбъл измерва разстоянието до галактиката Андромеда. Заедно с Жорж Льомер, белгиец и йезуитски монах, те формулират през 1927 – 1929 г. закона, по който се разширява Вселената. През 1940-те години Льомер и американецът от украински произход Георгий Гамов разработват теорията за Големия взрив. За нейна рождена дата може да се смята денят през април 1948 г., когато в сп. *Physical Review* се появява статия за нуклеосинтеза в ранната Вселена от Ралф Алфер (докторант на Гамов), немския физик Ханс Бете и самия Гамов. Бете няма нищо общо с резултатите, описани в статията – името му е добавено от неговия приятел Гамов на шега, за да съвпадат инициалите на тримата автори с първите три букви от гръцката азбука.

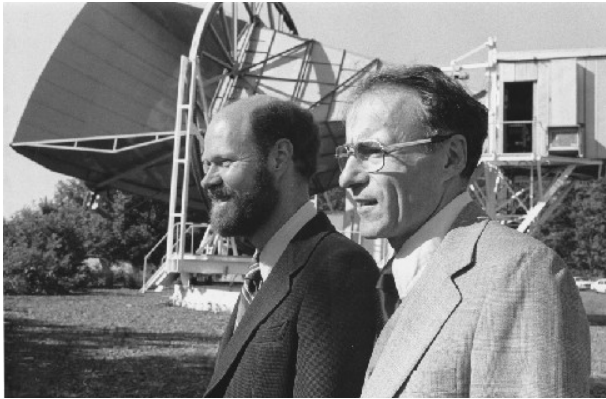
Нито един от тези велики изследователи не получава Нобелова награда, с изключение на Бете през 1967 г. – за приноса си към теорията на нуклеосинтеза в звездите – процес, който Гамов игнорира.



*51 Peg b (<https://www.eso.org/public/images/eso1517a/>): Рисушка на художник, изобразяваща планетата около звездата 51 Peg в съзвездието Пегас, на около 50 светлинни години от нас. Планетата има маса около 1/2 от тази на Юпитер, но радиусът ѝ е 1,6 – 1,9 пъти по-голям от неговия, защото тя се движи много близо до своето „слънце“ и е нагрята от него до фантастичните 1000 – 1100 градуса по скалата на Целзий. Нейната „година“ трае само 4 дни 5 часа и 32 минути. За сравнение, „годината“ на Меркурий е дълга около 88 дни и температурата в най-горещата му част е „само“ 400 – 450 градуса*

Името на Пийбълс не за пръв път се свързва с Нобеловите награди. През 1978 г. наградата по физика е поделена между съветския учен Пьотър Капица от московския Институт за физически проблеми за откриването на свръх-

флуидността и американците Арно Пензиас и Робърт Уилсън от Лабораторията „Бел“ в Ню Джърси за откриването на космичния микровълнов фон.

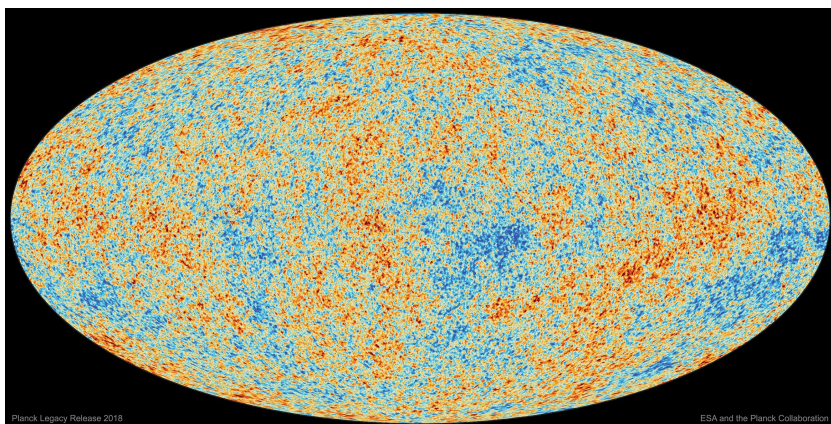


Робърт Уилсън (вляво) и Арно Пензиас (вдясно) пред антената, с която откриват микровълновия фон ([https://s3-us-west-2.amazonaws.com/courses-images/wp-content/uploads/sites/1095/2016/11/03171138/OSC\\_Astro\\_29\\_04\\_Wilson.jpg](https://s3-us-west-2.amazonaws.com/courses-images/wp-content/uploads/sites/1095/2016/11/03171138/OSC_Astro_29_04_Wilson.jpg))

Американците попадат на микровълновия фон случайно – те работят за армията по създаване на система за комуникация чрез радиовълни, отразени от космически спътници, и забелязват слаб фонов шум. Въпреки всичките им усилия, шумът не изчезва. В същото време Робърт Дики и Джим Пийбълс от Принстън се опитват да оценят потока на микровълновия фон, произхождащ от ранната Вселена. В първите мигове след Големия взрив, преди Вселената да се е разширила, тя е много гореща – температурата ѝ се измерва с милиони градуси. Всички атоми са йонизирани, Вселената е практически непрозрачна и фотоните непрекъснато се „блъскат“ в някой електрон или йон. Около 400 хил. години след Големия взрив Вселената вече се е разширила и е изстинала достатъчно, за да рекомбинират йоните и електроните, което я прави прозрачна за фотоните и те могат свободно да се разпространяват из нея. Именно тези фотони, „изстинали“ поради изтеклото време и разширението на Вселената до температура само 2,7 градуса по скалата на Келвин, са източник на слабия фонов сигнал, забелязан от Пензиас и Уилсън.

Те научават за работата на колегите си от Принстън почти случайно, свързват се с тях и през 1965 г. заедно публикуват две статии в *Astrophysical Journal* – едната с наблюдателния резултат, другата – с теоретичната му интерпретация. Но Нобеловите награди не може да бъдат разделени между повече от трима души и през 1978 г. Пензиас и Уилсън я получават заедно с Капица. Астрономическата общност очаква Дики и Пензиас да бъдат отличени скоро, но за съжаление Дики умира през 1997 г. без да дочака признание (Нобелова награда се дава само на живи хора). Едва тази година Пийбълс бе „комбиниран“ с Майор и Кело, като нему бе отсъдена половината от паричния еквивалент, колкото на двамата швейцарци заедно.





Съвременна карта на температурните вариации на космичния микровълнов фон по данни от сателита Planck (ESA) (<https://apod.nasa.gov/apod/ap180722.html>)

Откритието на Майор и Кело също има своите предтечи. Най-забележителен от тях е американският астроном Ото Струве от Бъркли. През 1952 г. той публикува статия, в която предсказва наличието на масивни планети в близост до техните слънца и посочва двата основни метода за откриването им – на лъчевите скорости и на пасажите.

През 1980-те години канадците Брюс Кембъл (от университета във Виктория), Гордън Уокър и Стивънсън Янг (от университета в Британска Колумбия) започват да търсят планети по първия от тези методи, но скоро разбират, че стабилността на техния спектрограф не е достатъчна. Те за първи път поставят на пътя на светлината – пред спектрографа – стъклена колба, пълна с газ, чийто линии на поглъщане се „отпечатват“ в спектъра на звездата и служат като репери, за да се стабилизира калибровката по дължина на вълната. Въпреки това, когато през 1988 г. публикуват статия за планета около звездата  $\gamma$  Цефей, астрономическата общност е скептично настроена. През 2003 г. Арти Хатцес от обсерваторията в Таутенбург, Германия, потвърждава съществуването на тази планета на базата на по-добри нови наблюдения, но за канадския екип това признание идва твърде късно.

До сигурна регистрация на екзопланети остават още стъпки – да се постави целия инструмент във вакуум, което го стабилизира температурно, и да се „изобрети“ методът за измерване на лъчеви скорости чрез кросс-корелация, което означава, че скоростите се измерват по хиляди, макар и слаби линии. Астрономите ги изминават през следващите няколко години. Междувременно през 1992 г. полският радиоастроном Александър Волшчан (тогава в обсерваторията Аресибо) и канадският му колега Дейл Фрейл (от Националната радиоастрономическа обсерватория на САЩ) откриват две планети около един пулсар – истинска планетна система! Но е ясно, че тя е „стерилизирана“ при взрива на свръхновата, след която е останал пулсарът, и не предс-

тавява такъв интерес, като планетите около „нормални“ слънцеподобни звезди.

Мишел Майор изобщо не търси планети. По същото време той провежда обширно изследване на двойни звезди. Целта му е да определи „демографията“ им и да отговори на въпроса: дали масата на по-малко масивния компонент зависи от масата на по-масивния. Но между масите на двойните звезди няма строга еднозначна връзка. Налага му се да изследва стотици звезди, за да получи статистически значими зависимости. Майор работи по този проект с помощта на своя постдок Антоан Дюкено. През 1991 г. те публикуват статия с предварителни резултати, която и днес е една от най-цитираните – и следователно с най-голяма важност – в областта на двойните звездни системи. За съжаление, Дюкено загива при автомобилна катастрофа през 1994 г. Майор продължава работата над проекта с новия си докторант Дидие Кело. Може да се предположи, че ако Дюкено бе жив, днес той щеше да бъде Нобелов лауреат.

В началото на 90-те години в САЩ започва работа групата на Джефри Марси (който по-късно си спечелва печална известност заради сексуален тормоз над жени), тогава от Калифорнийския университет в Сан Франциско. Сътрудничат му Пол Бътлър, Гибор Басри, Уйлям Кокран и други. Те дълги години събират наблюдения, но водени от презумпцията, че другите планетни системи са като нашата, в която масивните планети имат периоди, по-дълги от десетилетие (орбиталният период на Юпитер е почти 12 год., на Сатурн – 29 год.), така и не обработват внимателно данните си – защото преди да изминат поне 4 – 5 години, сигналът от планетата просто няма да бъде видим. За разлика от тях, швейцарският екип изследва двойни звезди, които могат да имат период от няколко дни до десетки хиляди години и всяко ново наблюдение може да даде важен резултат веднага.

Неочаквано за Марси и колегите му, през есента на 1995 г. Майор и Кело обявяват за откритието си (статията им в сп. „Найчър“ се появява през ноември 1995 г.). Легенда твърди, че през следващите няколко дни американците „завладяват“ всички компютри в катедрата си и работят денонощно. Те потвърждават планетата около звездата 51 Peg и намират две други, но завинаги остават втори.

Изненадващо, първите екзопланети са газови гиганти с размери като на Юпитер, но на орбити като на Меркурий и имат температури от порядъка на 1000 – 2000°С. По-късните изследвания показват, че атмосферите им съдържат основно водород и хелий. На такива планети не може да съществува живот, подобен на нашия.

През следващите години се разгаря бясна надпревара между швейцарския и американския екипи кой ще открие повече планети и планети, с колкото се може по-малка маса, защото те ще приличат повече на Земята. Появява

се и българска следа – професорът от Харвард Димитър Съселов, който заедно със свои сътрудници за пръв път открива екзопланета по метода на пасажите.

Днес знаем, че планетите се срещат често: статистически можем да очакваме, че всяка звезда има поне една планета. Вече са ни известни и двадесетина планети с размер, подобен на земния, които са достатъчно отдалечени от слънцата си, за да имат температура, която позволява наличието на течна вода. За тях се казва, че се намират в така наречената „обитаема зона“, най-близката от които обикаля около Проксима от съзвездие Центавър, само на 4 светлинни години от Слънцето.

Нобеловата награда има три аспекта. Най-важният критерий е научният – дали лауреатите са получили ново знание за света. Майор и Кело безспорно покриват този критерий, а за Пийбълс може да се твърди, че го прави неколkokратно. Вторият критерий, приложим само за експерименталните науки като астрономията, е технологичният – дали е създадена нова експериментална апаратура или съществуващата е използвана по нов начин. И тук отговорът е положителен. Швейцарците построяват цяла верига от термално стабилизирани спектрографи за измерване на лъчеви скорости на най-големите телескопи в света. Последният критерий в известен смисъл е политически: Пийбълс, Майор, а в последните години и Кело, са създали школи, обучили са десетки докторанти и са развили инфраструктура – както по отношение на хардуер, така и на методи и идеи – за тези нови клонове на астрономията.

Астрономическата наука има потенциал за още награди. Може би следващата „астрономическа“ Нобелова награда ще бъде дадена на Райнхард Гензел от Института Макс Планк в Гархинг и на Андреа Чез от Калифорнийския университет в Лос Анджелис за измерването на масата на черната дупка в центъра на Млечния път.

## **ASTRONOMERS WITH THE 2019 NOBEL PRIZE IN PHYSICS**

This year's Nobel Prize in Physics rewards new understanding of the universe's structure and history, and the first discovery of a planet orbiting a solar-type star outside our solar system. The laureates, James Peeble, Michel Mayor and Didier Queloz have contributed to answering fundamental questions about our existence. Their discoveries have forever changed our conceptions of the world.

**Valentin Ivanov and Petko Nedialkov**

## ЛАЗЕРНИ МЕТОДИ ПРИ РЕСТАВРАЦИЯ И КОНСЕРВАЦИЯ НА КАВАЛЕТНА ЖИВОПИС

(част II)

Мариана Кънева

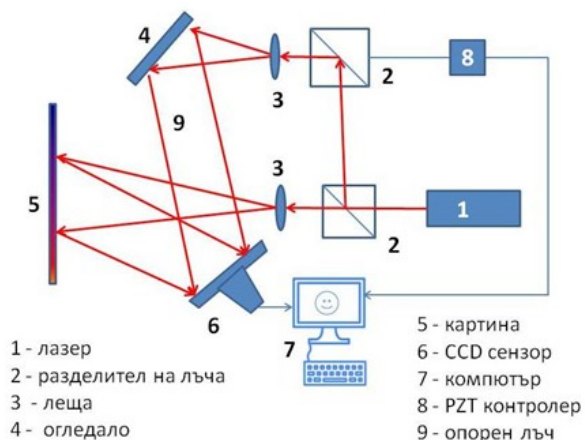
В първата част на студията бяха разгледани различни аналитични спектроскопични техники с използване на лазери за възбуждане на спектрите на пигменти, свързватели и др. компоненти на живописните слоеве. Втората част е посветена на интерферометрично-холографските методи за структурен анализ (ширография, Доплерова виброметрия, томография) и на сензорите за микроклимат.

### **4. Интерферометрично-холографски методи. Холографска интерферометрия**

Холографията и холографската интерферометрия са сравнително нови средства за реставраторите и учените, които се занимават с проблемите на консервацията, и се използват за визуализиране на структурни и механични нееднородности в обема на картините. Тези нехомогенности могат да са от съществено значение за повреждане на картината и могат да са следствие от различни процеси на деградация, причинени от параметри на околната среда, транспортиране, третиране, както и от различни методи за реставрация и консервация. Холографската технология се основава на изследване на отражението на лазерни лъчи от повърхността на обекта, поради което не е необходимо да се мести картината или да се извършва подготовка на повърхността, така че методите, които тя предлага, могат да се разглеждат като неdestructивни, безконтактни и неинвазивни. Лазерната интерферометрия и холография са високочувствителни методи и могат да се използват успешно и в областта на консервацията на историческо и културно наследство за възстановяване на 3D структурата на изследвания обект и за изучаване на деформациите му при възникване на механични напрежения.

Методът за визуализиране на структура се основава на разлика в оптичните пътища (а оттам и фазова разлика) на лъчите, отразени от изследваната повърхност. Получената след интерференцията на лъчите картина се регистрира оптично (фотоплака) или цифрово (CCD) и декодира структурата на изследвания обект (състоянието на картината, подлежаща на реставрация). Уникалните свойства на холографията да създава запис на фазовото разпределение на отразените от повърхността лъчи определят способността на холографските техники да визуализират подповърхностните аномалии и тяхното влияние върху информацията за структурното състояние без да се използ-

ва проникващо лъчение. За разлика от фотографията, която регистрира само усредненото по време разпределение на амплитудата на отразената светлина, холографията записва цялата информация за амплитудата и фазата на светлината. Основната методика при холографската интерферометрия е двойното експониране. При нея две състояния на един и същи обект се записват върху една и съща среда. Холографската интерферометрия може да се използва и в извънлабораторни условия, благодарение на използването на *CCD* сензори вместо записваща среда.



Фигура 1. Принципна схема на система за холографско-интерферометричен анализ на картина чрез запис на фазова интерферограма

Принципна схема на запис на холографска интерферограма е показана на Фигура 1. Лазерният източник излъчва линейно-поляризирана плоска светлинна вълна с дължина на вълната  $\lambda$ . Лъчът се разделя от разделител и на изхода на разделителя се появяват два лъча. Опорният лъч се разширява от оптична система, която обикновено се състои от разсейваща и колимираща леща или от пространствен филтър, който да разшири лъча до желаната разходимост в зависимост от размера на обекта и лазерната мощност, и с помощта на огледало се насочва да попадне върху фоточувствителния материал, където трябва да се формира холограмата. Лъчът от обекта (интересуващият ни сигнал се намира в него) се разширява от разсейваща леща или от пространствен филтър и се насочва с помощта на второ огледало към обекта, така че да съвпадне във времето и пространството с опорния лъч, за да формира невидима интерференчна картина, която е холограмата за записване във фоточувствителната среда. Профилът на повърхността се определя от интерференчните пръстени, образувани в резултат на интерференцията между опорния лъч и отразената от обекта светлина. Дефектните области изглеждат като изолирани прекъснати области за разлика от цялостното непрекъснато разп-

ределение на системата интерференчни пръстени и така могат да се локализират точно, да се оразмерят в реален мащаб и да се реставрират.

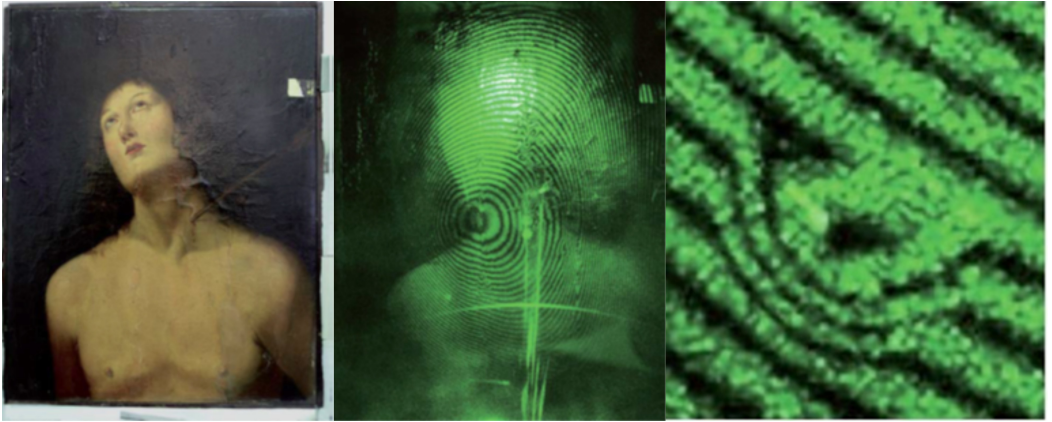
Ако записът се повтори (със същата продължителност и в същата фоточувствителна среда) след известно време, през което обектът слабо се повлиява например от временно повишаване на неговата температура, фазовите му характеристики също слабо се променят, което влияе върху фазата на отразения лъч. Когато двата записа се възстановят пространствено и се съвместят, всички минимални изменения във фазата се визуализират във вид на разпределение на интензитета като тъмни и светли интерференчни пръстени. Тъй като обикновено съществуващата подповърхностна аномалия или област с механично напрежение откликва по различен начин на топлинното третиране, отколкото останалата част от обекта, този различен отклик се визуализира като нарушение в локалното разпределение на интерференчните пръстени, в което се наблюдава отделна интерференчна картина (Фигура 2). Следователно броят на локалните интерференчни картини, установени в една холографска интерферограма, е мярка за количеството на дефектите на обекта. Хомогенното разпределение на пръстените е индикация за задоволително консервационно състояние, докато прекъснатото показва наличие на дефекти. По този начин се визуализира структурното състояние на обекта.



Фигура 2. Типична холографска интерферограма в място на отлепване на слоя боя от основата [1]

Интерферометрично-холографските методи позволяват с висока точност (до един микрон) да се определят деформациите на образци, най-вече с анизотропна структура (напр. от дърво), докато определянето на деформациите при образци с изотропна структура може да се осъществи с помощта на класическата интерферометрия с използване на лазерно лъчение. И в двата слу-

чая за големината на деформациите се съди по промените в интерференчната картина. Холографската интерферометрия позволява диагностициране на картини в ранния стадий на повреждането им и лесно локализиране на повредите, което е много трудно достъпно за другите методи. В мястото на отлепването на боя от основата се наблюдават локални промени в интерференчната картина, която в случай на неповредена картина е доста правилна. Такива изследвания са направени за пана върху дърво от стари италиански майстори [2]. Методът може да се разшири и за картини върху произволна основа [3,4]. Той се съчетава със слаби и безвредни, изкуствено предизвикани деформации на обекта.

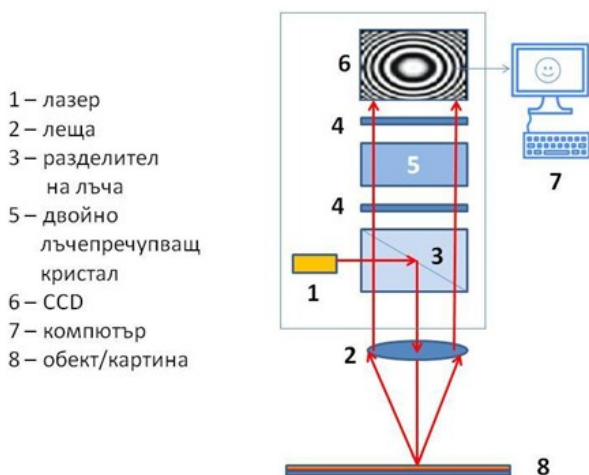


*Фигура 3. Холографска интерферограма, показваща местата с отлепване на слоя боя от дървената основа [2]. Рафаело, „Св. Себастиан“, Национална галерия – Атина, Гърция (по-вероятно копие, направено от Перуджино – б.а.). Вдясно – фрагмент от интерферограмата – участък с отлепване на слоя боя от дървената основа*

Могат да бъдат посочени редица други примери за картографиране на дефектите на картини, рисувани върху дървена основа, както за да се демонстрира уникалният потенциал на метода като инструмент за структурна диагностика [3], така и за описание на приложението на интерферометричните методи за възстановяване на повърхнинните профили на картини и проследяване на техните изменения под действие на външни пертурбации [5].

Осигурявайки интерферометрично сравняване на реални обекти или събития, разделени във времето и пространството, холографската интерферометрия е метод с изключително много приложения. Използват се различни нейни модификации, като запис в реално време, с двойно експониране, с усредняване по време. Нещо повече – тя може да използва един, два или повече опорни лъча, като могат да са с една и съща или с различни дължини на вълната. Може да се прави с лазер както в непрекъснат режим, така и в импулсен. Възможностите са безкрайни, също както и приложенията.

Една такава възможност, например, е коноскопичната лазерна холография (холографска коноскопия) за микропрофилиране на повърхностни дефекти (3D топография на повърхност). Както е известно, характеризирането на повърхностната морфология и стратиграфирането на материалните слоеве е основна стъпка в няколкото етапа на консервационния процес на една художествена творба. В общи линии, оптималното охарактеризиране на повърхността не може да се постигне с използването само на един метод, но не винаги е възможно да се намерят методи, които могат да се съчетаят ефективно. Картографиране на повърхност например може да се извърши с помощта на акустична микроскопия и коноскопична лазерна холография [6]. Сравняването на резултатите, получени по двата начина, е средство за по-добро характеризиране на повърхността чрез комбиниране на двата метода.



Фигура 4. 3D холографска коноскопия: принципна схема на микропрофилометър

Микропрофилметрията на основата на холографска коноскопия може да се приложи към повърхности с почти всякаква отражателна способност, не е чувствителна към градиенти в цвета и позволява изследването на много малки детайли, като напр. вдлъбнатини с диаметър под 1 mm. Такава система е описана в [7].

Принципната схема на сканиращ микропрофилометър е показана на Фигура 4. Лазерният лъч, отразен от образеца (картината), попада в едноосен двойнопречупващ кристал, разположен между два кръгови поляризатора и се получава интерференчна (коноскопична) картина. Повърхностните неравности предизвикват разлика в оптичните пътища на лъчите, която се пресмята от компютърната система на базата на интерференчните пръстени, записани от CCD камерата. Системата позволява измерване на площ с размери около  $300 \times 200 \text{ mm}^2$  и има максимална разделителна способност 20  $\mu\text{m}$ . Лазер-



ният източник е диоден лазер с дължина на вълната 680 nm. Цялата система се контролира с компютър и 3D топографирането се извършва с персонализиран софтуер.

Един интересен пример е възможността да се осъществи холографски мониторинг на ефектите от транспортирането на картини, нарисувани с маслени бои върху платно [8, 9].

Пренасянето на картини често ги подлага на удар и вибрации, в резултат на което се получават пукнатини и може да се получи отлепване на боята от основата (платното в случая). За доброто разбиране на механизмите за получаване на пукнатини е необходим по-ефективен метод от използваните обикновено акселератори и сензори. Такъв метод е цифровата холографска интерферометрия (*DHSPI – digital holographic speckle-pattern interferometry*), чрез която се записват и възпроизвеждат фазовите разлики на един разходящ лазерен лъч, падащ върху повърхността на картината, като по този начин се създава топографско изображение на деформациите. *DHSPI* е използвана за локализиране на областите от картините, в които съществува риск от повреждане от вибрациите при транспортиране, като са симулирани вибрации върху тестова картина за по-добро оценяване на ефектите от транспортирането, за регистриране на образуването и разпространението на пукнатините и локализиране на рисковите области от картината, които може да бъдат повредени.

Интерференчните пръстени се получават от сравняването на две холограми на картината, една в спокойно състояние и една във възбудено (напр. при термично разширение или вибрации) състояние, описват в 3D-формат деформациите на повърхността на обекта и дават информация както за вътрешните, така и за повърхностните пукнатини. Тъй като топологията на повърхността на картината отразява деформации, свързани със състоянието и в обема на живописния слой, може да се получава и информация за структурното състояние под повърхността, т.е. за наличие на вътрешни пукнатини, преди те да са се отворили. Наблюдавани са деформирани интерференчни пръстени от вътрешни пукнатини, които след допълнителни вибрационни цикли достигат повърхността. По този начин чрез *DHSPI* могат да се локализират области, в които може да настъпи увреждане и така да се подпомогне дейността на реставраторите за предотвратяването им, като се определи местонахождението и геометричните размери на дефектите.

При симулирането на вибрации при транспортиране (в създаден специално за целта симулатор) авторите на [9] използват и топлинно натоварване след всеки вибрационен цикъл за получаване на още една интерферограма, която, в комбинация с първата, дава повече подробности за повърхностните деформации, тъй като топлинното натоварване води до слабо разширение на повърхността на картината. Този вид анализ е особено полезен, тъй като пукнатините в резултат от вибрации са много трудни за измерване, особено в

случая на маслени платна, тъй като не е лесно да бъдат открити. Освен това *DHSPI* позволява да се изследва голяма площ с подробности, които са непостижими за другите методи. Изследванията в момента са насочени към определяне на допустимите стойности на вибрациите при транспортиране и изготвяне на протокол за безопасно транспортиране на картини.

Развитието на холографската интерферометрия е провокирало разработването на няколко тясно свързани с нея измервателни метода, базирани на използване на лазери, каквито са например виброметрията, широкографията, коноскопичната холографска интерферометрия. Теорията, практиката и приложението на тези методи, които все още са в процес на разработване, са подобни и често допълват холографската интерферометрия, могат да се използват за структурна диагностика при реставрацията на произведения на изкуството.

### **5. Контрол на микроклимата в помещения за съхраняване или експониране на картини**

Друга, може би по-важна област, в която лазерните методи намират приложение, е определянето на оптималния микроклимат (осветление, температура и влажност) на помещенията, в които се съхраняват произведения на изкуството. Условието за съхранение в повечето случаи се определят емпирично и не винаги сполучливо, а това води в много от случаите до неотстраними повреди на безценни шедеври. Контролът върху климата в галериите и музеите е необходим и се основава на познаването на протичащите процеси на увреждане, които могат да нарушат целостта и устойчивостта на произведенията на изкуството. Невидими изменения в размерите им настъпват вследствие на флуктуации в параметрите на околната среда, тъй като материалите се влияят от промени в температурата и влажността. Тези деформации обикновено остават невидими, докато не причинят видими дефекти и необратими повреди. Прякото безконтактно регистриране на деформации или най-често дисторсии, настъпващи в резултат от малки промени в параметрите на околната среда, е обещаваща област при разработването на сензори, инструментариум и методологии [10, 11, 12].

Определянето на деформациите с висока точност засега се постига единствено с използването на интерференчно-холографски методи. Още през 1975 г. с тези методи са били изследвани фрески и икони от църквите на Московския Кремъл, с помощта на емблематичната холографската апаратура УИГ-2М. От участъците на фреските, подлежащи на реставрация, се изрязват неголеми образци и се изследват с помощта на установката при различни изкуствено създадени в нея условия на температура и влажност. За образци с изотропна структура е необходимо да се измерва само една от компонентите на вектора на отместването, което се извършва по метода на класическата интерферометрия с използване на лазерно лъчение, а при образци с анизот-

ропна структура, например от дърво, е необходимо да се измерва всяка една от трите компоненти на вектора на отместването, което става с помощта на холографска интерферометрия. Този метод е предложен при третиране на картини върху дървена подложка от италиански учени през 1974 г. [3]. Но същият метод би могъл да се приложи и спрямо картини върху платно. Дървеното пано (респ. картината) се разглежда като слоиста структура: подложка, грунд, рисувана повърхност. Често настъпваща повреда е образуването на области с отлепвания вътре в слоистата структура, като най-често те се локализируют между подложката и грунда, поради различното им поведение по отношение на промените в микроклимата на помещението. Съществено е, че различните видове произведения на изкуството поставят различни проблеми и съответно изискват различни методи за решаването им. Преди въвеждането на холографския метод за определяне на големината на деформациите, оптималният микроклимат в музеите е бил определян чисто емпирично.

Последните разработки на портативни неинвазивни инструменти доведе до повишен интерес към приложимостта на холографско-интерферометричните методи за изследване на картини с цел оценяване на условията на съхранение и експониране и за дейностите по консервацията им. И наистина – щом инструментариумът се предлага и е на по-приемливи цени, консерваторите и учените вече могат да използват тези неинвазивни методи за мониторинг и анализ [13].

Методите на оптичната метрология, основани на холографска интерферометрия, са изключително мощни и доставят убедителни данни за непосредствените и дълговременните ефекти от флуктуациите в параметрите на околната среда върху повърхността на картините. Те позволяват детайлно да се изучават температурно-влажностните деформации на материалите на картините и да се разработват конкретни препоръки, осигуряващи тяхното съхраняване.

### 5.1. Лазерна ширография

Ширографията е неструктивен, безконтактен оптичен метод, който използва кохерентна светлина за анализ на дефекти [14]. Тя позволява широкоплощно наблюдение и изявява дефекти в материалите чрез наблюдаване на предизвикани от дефектите механични напрежения. Ширографията е разновидност на интерферометричните методи за неразрушаващ контрол, с помощта на която вътрешните разрушения или дефекти могат да се открият чрез измерване и анализ на повърхностните деформации, които възникват като реакция на вътрешната структура на някакво слабо външно натоварване (светлинно, топлинно, вибрации, налягане, влага).

Повърхността на изследвания обект се осветява с лазерно лъчение, което, след като се отрази, попада в *CCD*-камера. При деформиране на обекта при натоварване, интерференцията между двата лъча, формиращи оригинал-

ното и деформираното изображение, създава интерферограма, която се състои от изменящи се по интензитет и фаза ивици. Така, всяка деформация в обекта, доколкото тя влияе върху пътя, изминат от лазерната светлина, ще предизвика съответна промяна във фазата на интерференчната картина на входа на камерата-сензор. Съвместявайки изображенията на обекта в натова-рено и ненатоварено състояние, може да се определи изменението в произволна точка от изображението. Получената по този начин информация се обработва с компютърен алгоритъм за автоматична оценка на деформациите. Така, по реакцията на повърхността, се получава информация за характера и размерите на дефекта. По този начин е възможно да се изследват повреди и да се търсят дефекти в по-дълбоките слоеве, които са невидими за човешкото око, като се определят и техните размери. Това е от особено значение за правилното съхраняване, експониране и реставриране на произведения на изкуството. Методът има висока чувствителност и позволява да се открият субмикронни отмествания на точки от повърхността на обекта.

Въпреки че си прилича с холографската интерферометрия, широкографията се различава по това, че вместо да измерва деформации, тя измерва градиент на деформациите. Едно от главните предимства на широкографията пред холографията е нейната относителна нечувствителност към външни смущения. Други нейни предимства са обхват, мобилност, бързина, простота и сравнително ниските разходи за оборудване.

Лазерната широкография, от една страна, е метод за диагностика, а от друга – метод за контрол на температура, осветление и влажност. С нейна помощ се измерват напреженията, предизвикани от промени в температурата, относителната влажност и термомеханичните ефекти под въздействие на светлина, както и ефекти от външни вибрации. Една персонализирана широкографска система за временно охарактеризиране на напреженията, които възникват в картини върху платно по време на експонирането им в изложба, е описана в [15]. Системата извършва измервания на производни на деформациите по две взаимно перпендикулярни направления и се синхронизира с ИЧ камера за получаване на термична карта на анализирания площ. Термомеханичен отклик би могъл да се детектира върху повърхността на маслени картини като резултат просто от включване и изключване на светкавица, използвана при фотографирание. Системата за широкографски анализ имитира същите условия, които се създават при заснемане на творби от музейните реставратори, като единствената разлика е, че фотоапаратът се заменя с инструмент за широкографиране и система за широкографски анализ. Ширографските данни след това се анализират за да се види дали съществува корелация между измененията на условията в галерията и деформациите, възникнали на повърхността на картината. Установено е, че най-голямата деформация нас-

тъпила скоро след изключване на светкавицата, е по краищата на платното, докато центърът остава сравнително спокоен.

Очевидно е, че чувствителността на широкографския инструмент позволява да се направят ясни връзки между условията при експониране на картината и физичните промени в нея. Установяването на такива връзки би могло да помогне за оптимизиране и контролиране на климата в галериите, за да се минимизират повредите в картините поради деформации. В същото време основният проблем, който се дискутира в литературата, е да се подобрят възможностите за корелация на широкографските данни с топографските свойства на повърхността на картината, например при опитите да се свържат широкографските данни с мрежата от пукнатини, наблюдавани върху тестовата картина. Добро решение в тази посока е широкографската система, разработена от *WPI (Worcester Polytechnic Institute)*, която позволява да се определят количествено и да се картографират индуцираните напрежения, използвайки градиентите на деформацията. Директрисите на тези градиенти се изчертават с цел по-добро разбиране на реакцията на картината спрямо различно светлинно натоварване. Алгоритмите за проследяване във времето на деформацията позволяват да се свържат пряко деформациите в резултат от реакцията на осветяването със събитията във времето. Системата използва широкография в комбинация с *RTI (Reflectance Transformation Imaging)*, което дава по-добра съответствие между градиентите на отместването и топографията на повърхността. Крайната цел е да се направят максимално информирани препоръки за оптимизацията на контрола при изпълнението на стандартите за климат в музеите.

Поради многобройните си предимства широкографията е по-използваема от холографията. Простотата и облекчените изисквания за вибрационна устойчивост на апаратурата я правят практически средство за неструктивно изследване. Като силно чувствителен метод за измерване на градиенти на деформации, широкографията притежава и голям потенциал за приложения в консервацията на произведения на изкуството.

## 5.2. Сензори за микроклимат

Различни физични и химични фактори като светлина, температура, относителна влажност, мръсен въздух и т.н. оказват влияние върху експонираните произведения на изкуството. Всеки един от тях може да действа не само индивидуално, а влиянието му да се подсили от наличието на другите. Оценка на влиянието на околната среда като цяло е важен момент в консервационната дейност.

Флуктуации в температурата и влажността могат да предизвикат деформации в анизотропните материали (напр. дървени основи) или отлепвания между части от различни материали (напр. между основата и слоя боя). В резултат на влиянието на температурата се извършват химични реакции, които

могат да причинят сериозни структурни промени в обекта. Високата влажност пък може да благоприятства развитието на микроорганизми и мухъл, както и възникването на деформации в хигроскопичните материали, каквито са например дървените основи. Атмосферните замърсители също могат да повредят артефактите, източник могат да бъдат различни почистващи препарати за пода на галериите, съдържащи например  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , които могат да предизвикат промени в цвета на боите. Светлината също е един от основните фактори, причиняващи увреждане на картините и може да предизвика промяна в цвета, механично повреждане, помътняване и т.н. Въпросът е какъв подходящ компромис да се направи, защото светлината е необходима на зрителите.

Всичко това показва, че за провеждане на правилна консервационна дейност е важен мониторингът не само на отделен физичен или химичен параметър, но също така да се оцени пълното влияние на околната среда. Това не е проста задача. Съществуват много устройства, които поотделно могат да измерват различни параметри на околната среда, но не са подходящи за преценка на колективното им действие. Освен това, наличието на голям брой такива уреди би нарушило естетическия вид на галерията.

Устройствата, базирани на влакнесто-оптични технологии, са много подходящи за използване в музеите, тъй като са малки и не се забелязват от зрителите. Техните потенциални възможности са много големи – от измерване на кръвна захар до гравитационни вълни. Интересът към тези сензори е голям също поради това, че те могат да бъдат включвани в мрежи за дистанционен мониторинг и едновременен контрол върху температурата, осветлението и замърсяването на въздуха в реално време, тъй като контролирането на тези параметри поотделно не е достатъчно за да се оцени и предотврати риска от повреда, причинена от тяхното колективно действие.

Влакнесто-оптичните сензори (*FOS – Fiber Optic Sensor*) използват оптични влакна за въвеждане и извеждане на сигнала от чувствителния елемент, който също може да е във влакно. Има няколко характеристики на оптичните влакна, които им позволяват да бъдат използвани за сензори. Това са възможностите за микроогъване, за интерферометрични ефекти, за промяна в показателя на пречупване, на поляризацията, на дължината, за получаване на дифракционни решетки и ефектът на Саняк.

Блок-схема на *FOS* е показана на Фигура 5. Светлината се въвежда в оптичното влакно, достига до участъка, където се извършва модулацията ѝ на базата на взаимодействието с изследвания параметър, след което светлината се отвежда към детектора пак с помощта на оптично влакно. Модулиращият участък от влакното работи на различни принципи и се изработва по различни технологии. Той може да бъде интерферометрична структура, дифракционна решетка, фотонен кристал, планарен вълновод и т.н.



Фигура 5. Блок-схема на влакнестооптичен сензор

Тези сензори се използват за измерване на величини като температура, налягане, вибрации, деформации, въртене или концентрация на химични вещества, шум, влажност и неустойчиви параметри на околната среда. Те заемат много малко място и могат да се позиционират много точно.

Според принципа, на който се извършва модулацията на светлината, има различни видове *FOS*, например:

- Сензори с дифракционна решетка – *FBG* (*Fiber Bragg Grating*) и *LPG* (*Long Period Grating*);
- Сензори на основата на разсейване (Релеево, Брилуеново или Раманово);
- Интерферометрични сензори.

*FBG* сензор е устройство, при което се модулира дължината на вълната на светлината. С него могат да се мерят механични напрежения и локализираните деформации, както и вибрации. Позволява измервания на температура.

Интерферометричните сензори използват кохерентността, фазата и поляризацията на светлината; освен параметрите, измервани с помощта на *FBG*, могат да мерят също отместване и разстояние.

Сензорите на основата на разсейване на светлината позволяват да се измерят по продължение на определен участък от оптичното влакно едновременно и температура и деформация.

Бреговите решетки действат като сензор когато се фиксират към структура, която предава деформациите си към оптичното влакно чрез промяна на периода на решетката. Анализирайки дължината на вълната на отразената от решетката светлина, е възможно да се определи деформацията на решетката. Дължината на вълната на отразената светлина се променя също така и при промяна на температурата на решетката, както поради топлинно разширяване на стъклото на оптичното влакно, така и поради промяна на показателя на пречупване в зависимост от температурата.

Един пример за използване на *FBG* сензор е реставрацията през 2006 г. на Конната статуя на Бартоломео Колеони от Верокио (1496 г.) във Венеция, при която реставрационният процес е контролиран с помощта на сензор от този вид, прикрепен върху паметника [16]. По време на реставрацията е изследвана пукнатина на десния крак в мястото на свързването му към предна част на тялото на коня. Мрежа от последователно свързани *FBG* сензори (наречена *RIDER*) е била залепена за пукнатината, с цел събиране на информация в реално време при прилагането на стрес върху пукнатината. Системата за мониторинг е изпробвана успешно при преместване на *RIDER* върху коня и за продължително наблюдение на развитието на пукнатината. Въпреки че този пример не е за реставриране на кавалетна живопис, с подобен сензор вероятно би могло да се осъществи и наблюдение при реставриране на картини/икони върху напукани дървени основи.

Предимствата на *FOS* са изключителни и тяхното приложение все повече се разширява. Те са устойчиви на вибрации, не се влияят от електромагнитни взаимодействия, не внасят риск от искрене или експлозия, имат дълго време на живот, химична и механична устойчивост, малки размери, и могат да бъдат мултиплексирани, поради възможността за изработване на много сензори върху едно влакно. Недостатъци на тези сензори е трудната интерпретация на данните, поради което понякога обучението на персонала изисква много време. Иновациите в изчислителната техника и наличността на разширен капацитет за обработка на данни ще помогнат да се подобри възможността за интерпретиране на данните от широка мрежа сензори и ще доведе до полезни комбинации от взаимно допълващи се сензори.

Повечето нови приложения на влакнестата оптика включват осъществяване на широкообхватни мрежи от сензори за едновременен мониторинг на различни помещения и места, като по този начин се осигурява повсеместен контрол на обширни площи.

През последните десетилетия повишен интерес има към ново поколение сензори, които се състоят от умни и ниско струващи методики, разработени за осъществяване на пълен мониторинг и предотвратяване на повреди в наблюдаваните обекти. В резултат на това е разработено ново поколение от пасивни *FOS*, които да имитират поведението на реалните произведения на изкуството и тези сензори постепенно заемат водеща роля при контрола върху условията на експониране в музеите [17].

### 5.3. Лазерна Доплерова виброметрия (*LDV*)

Лазерният виброметър с Доплеров ефект позволява директно измерване на ускорение, преместване, скорост и фазова разлика. Приложението на *LDV* за откриване на структурни дефекти се основава на добре установения принцип, че е възможно да се оцени структурното състояние на един обект чрез изследване на вибрациите му. Откриването на дефекти се извършва чрез ана-



лиз на сигнала, получен от повърхността на обекта. Основната идея при възбудането на *LDV* е да се заменят човешките сетива и контактните сензори, използвани в конвенционалните виброметри, с измервателни системи, които да извършват дистанционен структурен анализ: повърхностите на изследваните обекти вибрират леко с помощта на механични или акустични актюатори, докато *LDV* измерва скоростта на точки от повърхността и извършва 2D и 3D картографиране. Там, където има дефекти (напр. отлепване на слой), скоростта е по-висока, отколкото в съседните области, така че дефектите могат лесно да се забележат с *LDV*. Лазерните виброметри също така определят резонансните честоти на структурата, водейки по този начин до пълна характеристика на тези дефекти. Възбудането на структурата се прави по много начини, включително и със звукови вълни (високоговорители), източници от околната среда (трафик, вятър), за диагностични цели в реставрацията се използва и лазерно-индуциран ултразвук. Предизвиканото от вибрациите на повърхността на обекта Доплерово отместване по честота на отразения спрямо падащия лазерен лъч е линейно свързано с компонентата на скоростта по направление на лазерния лъч, като връзката между промяната на честотата (дължината на вълната) на лазерното лъчение и големината на скоростта е линейна. Една трудност при това е, че Доплеровото отместване обикновено е много слабо в сравнение с основната честота на лазера, обикновено 1/108. Единственият начин да оценим такива малки изменения е да използваме интерферометрия, така че високочестотните осцилации да се насложат и да се намалят до много по-ниски стойности, които са подходящи за стандартната електроника.

Стандартният *LDV* е безконтактен трансдюсер за скорост, работещ на принципа на измерване на Доплеровото отместване на честотата на лазерен лъч (обикновено от He-Ne лазер), отразен от движеща се мишена, с помощта на интерферометър. Електрониката на *LVD* преобразува Доплеровия сигнал в аналогово напрежение, пропорционално на моментната скорост на мишената. Комбинацията от интерферометър с две подвижни огледала, задвижвани от галванометрични актюатори, позволява да се насочи лазерният лъч към желаните за измерването точки. Сканиращият *LDV* (*SLDV* – *Scanning LDV*) може автоматично, бързо и точно да извърши серия измервания на скорост за мрежа от точки върху структурата, подложена на тест. Тези данни след това се обработват и представят във вид на 2D и 3D карти. Модерните *SLDV* могат да сканират 100 точки в секунда при общ брой над 10 000 точки, работейки при максимална честота в интервала от няколко десетки MHz и долна граница под 1 Hz. Обхватът е с горна граница 10 m/s (скорост, регистрирана за точка от повърхността) и с долна – 1 mm/s, съответстваща на отместване (деформация) няколко десетки нанометра. Тези свойства правят *SLDV* идеален инструмент за приложения, при които е невъзможно да се из-

ползват стандартните устройства за измерване на вибрации, каквито са акселерометрите. Акселерометрите натоварват изследваните структури и могат дори да повредят деликатните повърхности на картините. Нещо повече, за да се извърши точен вибрационен анализ, е необходимо да се използват много трансдюсери или да се мести един по цялата изследвана повърхност, като и в двата случая това е скъпо и времеемко.

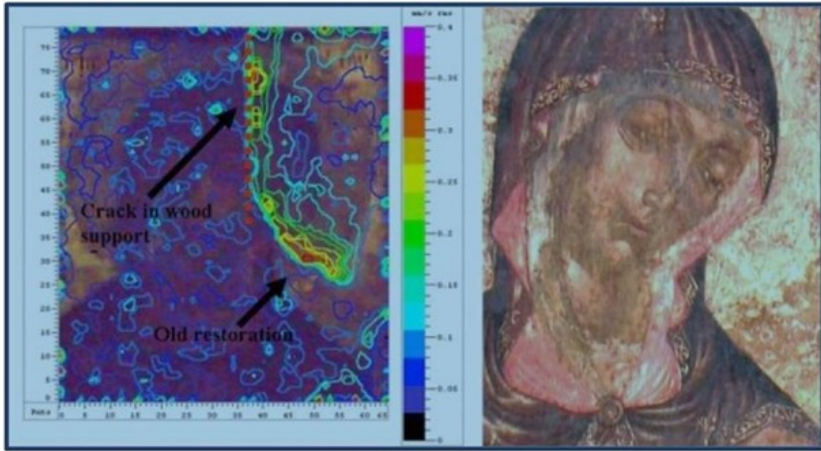
Нивата на предизвиканите вибрации при *LDV* са много ниски в сравнение с тези, които обикновено се установяват в църквите и музеите и много по-ниски от онези, предизвиквани от реставраторското чукче. Съчетаването на *SLDV* и акустично възбуждане създава напълно неинвазивна система за измерване, с възможност за дистанционно събиране на данни и работа в полеви условия, което решава проблемите, срещани при стандартните акселерометри, тъй като не е необходимо да се докосва обекта, а влиянието на лазерния лъч върху повърхността на изследваното произведение на изкуството напълно пренебрежимо.

*SLDV* е използвана за изследване на различни видове произведения на изкуството, както кавалетно, така и монументално и декоративно (фрески, икони, мозайки, керамика и кавалетна живопис) с различен успех, но винаги с впечатляващ набор от важни предимства: неинвазивност, дистанционни измервания, широк честотен интервал, висока чувствителност, портативност [18].

Първото сканиране на произведение на изкуството е направено чрез възбуждане с бял шум и измерване на ефективната стойност на вибрациите на повърхността чрез *SLDV*; резултатът е карта на ефективните стойности на скоростта от точка до точка на повърхността, като областите с отлепвания показват по-висока скорост [19]. Някои резултати от *SLDV* тестове на икони от 17 в. от най-богатата частна колекция византийски икони (музеят Бенаки в Атина) са представени в [18]. За възбуждане на вибрациите е използвана пиезокерамика, а при картографирането на повърхността отчетливо се виждат пукнатини и разслоявания.

*SLDV* може да се използва също за целите на мониторинга. С негова помощ например е документиран процесът на реставрация на икона от 17-ти век [18]. Наблюдаваните напълно отлепени слоеве боя преди реставрацията, след нея показват много ниско ниво на вибрация, означаващо, че повредата е отстранена (Фигура 6).

С *LDV* може да бъде изследвана голяма гама от различни структури заради широкия честотен и динамичен обхват, които са непостижими за контактен сензор. *SLDV* може да събира данни от малки и големи разстояния и да натрупва голямо количество данни. Гъвкавостта, която предлага този метод, може да стане водеща при провеждането на комплексен анализ на данни, както и за мониторинг на състоянието на реставрационната дейност.



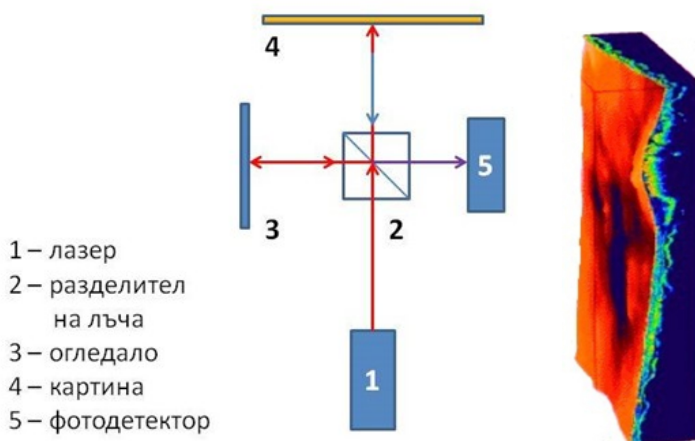
Фигура 6. SLDV мониторинг на реставрацията на византийска икона от 17 век: преди реставрацията (вляво) и след нея (вдясно) [18]

#### 5.4. Оптична кохерентна томография (OCT)

Оптичната кохерентна томография (*Optical Coherence Tomography – OCT*) е безконтактен метод за получаване на изображения на структурата на напречното сечение на полупрозрачни обекти чрез изследване на интерференцията при отражение от вътрешността на материала. Използва се за диагностика в медицината и за тестове в промишлеността. *OCT* се базира на върху слабокохерентната интерферометрия, която обикновено използва инфрачервена светлина, тъй като сравнително голямата дължина на вълната позволява на светлината да прониква в разсейващата среда.

Голямо предимство на *OCT* е възможността да се охарактеризират обектите слой по слой без да трябва да се отстранява материал, което я прави изцяло недеструктивен метод. Разделителната способност е също висока (дефинирана като половината от кохерентната дължина на излъчваната от източника светлина) и позволява разграничаването на много тънки слоеве фирнис, глазури и бои [20]. В зависимост от свойствата на светлинния източник (използвани са напр. лазери със свръхкъси импулси и лазери със свръхконтинуум – лазери с широка линия на генерация – около 100 nm), *OCT* е достигнала субмикронна разделителна способност. Това е особено важно при изследването на произведения на изкуството, тъй като музейните обекти са неподвижни и скоростта на събиране на данни не е толкова важна, колкото резолюцията, която трябва да е висока.

Възможността за получаване на триизмерни изображения (Фигура 7) също е важно предимство. Големият недостатък е, че редица материали не са подходящи за анализ с *OCT* защото са напълно непрозрачни и абсорбират цялата светлина.



Фигура 7. Принципна схема на интерферометър на Майкелсон за *OCT* (вляво). 3D изображение (стратиграфия) на слоеве боя (вясно)

Принципът на работа на *OCT* се основава на интерферометър на Майкелсон при който интерферират сигнали от опорното рамо и рамото с отразения от пробата сигнал. За да се получи интерференчната картина, която дава информация за дълбочинната структура на обекта, лазерният лъч от източника се разделя на две – опорен лъч и лъч към обекта. Първият лъч (опорен) се отразява от огледало, а вторият, който носи интересуващата ни информацията, се отразява от изследвания обект (картина). Двата отразени лъча след това интерферират и попадат върху фотодетектор. Интерференчна картина се наблюдава само когато разликата в разстоянията, изминати от двата лъча е в границите на кохерентната дължина на светлинния източник (лазера). При преместване на огледалото дължината на пътя в опорното рамо се променя и по този начин се променя дълбочината, от която събираме информация за обекта. Така, местейки огледалото, можем да построим пълното напречно сечение. Интензитетът на изображението зависи от отражението и поглъщането на светлина от обекта. Доколкото отражението е резултат от промяна в показателя на пречупване, на практика *OCT* е чувствителна към нехомогенности в показателя на пречупване на материала.

Приложенията на *OCT* в консервацията и реставрацията са при преценка на състоянието на картината, за мониторинг при свалянето на фирнис, за откриване на участъци със загуби на боя, за стратиграфиране, откриване на пукнатини на различна дълбочина, откриване на скрити под боята рисунки и пентименто (стари пластове) и т.н.

През последните години активно се работи по стратиграфиране на маслена живопис върху платно, като главното ограничение за използването на *OCT* е непрозрачността на пигментите, дори и за инфрачервена светлина. Във видимата и близката ИЧ област боите са най-прозрачни при около

2,2  $\mu\text{m}$ . Систематични изследвания, проведени за 47 пигмента [21] показват, че около 1/3 от тях са прозрачни при 1500 nm, и 1/5 – при 820 nm. Най-добри резултати са получени за червените пигменти.

Поради способността си да събира голямо количество данни за кратко време, *OCT* е особено подходяща за получаване на обемна информация. Трябва да се отбележи, че поради недостатъчната прозрачност на много пигменти за получаване на ясно структурно изображение, в момента това приложение на *OCT* е ограничено до избрани области от картините. Тъй като прозрачността на много пигменти нараства с нарастване на дължината на вълната на проникващата светлина, значителен напредък може да се очаква при използване на източници с по-голяма дължина на вълната в областта на 1,5–2,5  $\mu\text{m}$ . Обаче за да се поддържа нужната аксиална резолюция тези източници трябва да имат извънредно широк спектър. Взети заедно, тези условия сочат, че *OCT* с широкоивичен източник е най-обецаващият метод в бъдеще.

Ограниченията, свързани с прозрачността на пигмента, не са в сила в случай на фирнис. Въпреки че тези слоеве на практика са лесни за изобразяване, пак е необходим инструмент с висока аксиална резолюция. Пряко сравняване на напречно сечение, наблюдавано с микроскоп и с *OCT* показва, че има пълно съответствие на резултатите, получени по двата метода [22]. Високата резолюция на *OCT* позволява също така разграничаване на стари и нови слоеве [23]. При изобразяването на лъскав фирнис, огледалните отражения от повърхността му създават значителни трудности (поради възможно насищане на детектора). Обаче тези отражения са по-значителен проблем при изобразяването на пресни, съвременни слоеве. При старинните фирнисирани картини повърхността не е така лъскава и чрез слабо накланяне на картината е възможно да се заобиколи проблема. Въпреки тези трудности, отраженията от повърхността на фирниса също могат да служат като мярка за неговата грапавост. Някои изследвания [24, 25] показват, че при съхнене повърхността на акрилния фирнис *Paraloid B72* става не толкова гладка и започва да следва релефа на подложката. Това дава възможност за проследяване на процеса на съхнене на слоеве боя и фирнис. Способността на акрилния фирнис да възпроизвежда релефа на слоя боя определя влиянието на свойствата на фирниса върху това как изглежда картината. Фирнисът влияе върху вида на картината по два начина [26]: чрез своя показател на пречупване и чрез грапавостта на повърхността му след изсъхване. Показано е, че фирнис с високо молекулно тегло (и следователно с по-голям вискозитет), каквито са съвременните акрилни фирниси, възпроизвеждат релефа на слоя боя. При тези с ниско молекулно тегло, например *Talens 002*, след изсъхване повърхността е много по-гладка и отражението е по-хомогенно. Фирнисите, използвани от старите майстори, са съставени от естествени смоли (напр. мастикова и дамарова) и също имат ниско молекулно тегло и нисък вискозитет в теч-

ната си форма. По тези причини сухата повърхност е плоска и огледална, което елиминира разсейването на бяла светлина и така повишава насищането на цвета. Изображенията на фирниса могат също да послужат и просто за измерване на неговата дебелина. Обаче трябва да се помни, че измерването на разстояния е оптично и трябва да се коригира към геометрични разстояния чрез делене с показателя на пречупване на фирниса. Ако слоят фирнис е добре дефиниран, възможно е автоматично разпознаване на границите въздух-фирнис и фирнис-боя.

Едно друго потенциално важно приложение на *OCT* е контрол върху процеса на отстраняване на фирнис с помощта на лазерна аблация. В този случай *OCT* може да се използва за анализ на условията за аблация и за *in-situ* мониторинг на процеса [27]. Интересно за практиката приложение е направено в [23], при което се използва модификация на метода за визуализиране на подготвителни рисунки, намиращи се под слоя боя.

Първият експеримент за профилометриране с помощта на *OCT* е направен с цел анализиране на структурата на пукнатина в маслена картина върху платно [28]. При него картината се поставя в климатична камера, в която могат да се контролират температурата и влажността. Картографирането на повърхността се извършва преди и след скок във влажността за да се анализира реакцията на платното (основата). Друг експеримент [29], също с използване на климатична камера, цели количествен мониторинг на пълната деформация на основата.

С *OCT* могат да се измерят и показателите на пречупване (ПП) на живописните слоеве. Познаването на тези показатели е полезно за преобразуването на оптичната дебелина (разлика в оптичните пътища на интерфериращите лъчи) в реална физична дебелина. С помощта на *OCT* ПП може да бъде определен от отношението на оптичната дебелина към физичната дебелина на слоя. Измерването се провежда в различни точки от пробата за получаване на усреднена стойност за ПП и определяне на грешката [24].

С помощта на *OCT* са изследвани картини, в т.ч. и пейзаж на Томас Гейнсбъро от края на 18 в. за да се сравнят съседни области с и без лазерно третиране за отстраняване на фирнис и да се стратиграфира подписа на автора, за да се установи автентичността на картината [30]. Друга поредица изследвания с *OCT* са направени за картини на стари майстори от Лондонската национална галерия, рисувани върху различни основи. В техните живописни слоеве има неорганични пигменти (минерали), органични пигменти, извлечени от растения и животни, свързватели (ленено масло и яйчна темпера), както и естествен или синтетичен фирнис [31]. С цел сравнение на резултати, получени с *OCT* и изследване с микроскоп (деструктивно, поради необходимост от взимане на проба) са получени изображения на напречното сечение на фрагмент от картина с масло от 19 век, предоставена от световния лидер в

областта на реставрацията – института *Opificio delle Pietre Dure* във Флоренция [22]. Сравнението показва много добро съответствие на изображенията, получени по двата различни метода.

Относно настоящите и потенциалните приложения на *OCT* за диагностика и документиране на произведения на изкуството трябва да се подчертае, че засега има яснота само по отношение на ролята на физиците. По-нататъшното развитие на метода изисква по-активното му използване от страна на реставраторите. Бъдещата роля на физиците се свежда до модифициране на съществуващата апаратура за да се отговори на изискванията на реставраторите.

### Литература

- [1] V. Tornari, Optical and digital holographic interferometry applied in art conservation structural diagnosis, *e-Preservation Science*, **3** (2006), pp. 51-57
- [2] V. Tornari, Structural Diagnosis – Optical and digital interferometry applied in art conservation, Chapter 3.4. in: M. Schreiner, M. Strlič, R. Salimbeli, „*Handbook of the use of lasers in conservation and conservation science*“, COST Office, 2008
- [3] S. Amadesi, D. Altorio, D. Paoletti, Sandwich holography for painting diagnostic, *Applied Optics*, **21**, no. 11 (1982) pp. 1889-1890
- [4] S. Amadesi, F. Gori, R. Grella, G. Guattari, Holographic methods for painting diagnostics, *Applied Optics* **13**, no. 9 (1974), pp. 2009-13
- [5] P. Chessa, M. Corsi, V. Palleschi and E. Tognoni, Laser Interferometry and Holography for Analysis of Artworks, *6th World Conference on NDT and Microanalysis in Diagnostics and Conservation of Cultural and Environmental Heritage – 1999*, Rome (Italy)
- [6] G. Marchioro, G. Apostolidis, G. Karagiannis, M. Galeotti, C. Daffara, Surface and subsurface layers characterization in artworks using conoscopic laser holography and acoustic microscopy, *Proc. SPIE* Vol. **10331**, Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VI, (2017), 103310L
- [7] C. Daffara, R. Fontana, M. M. Di Crescenzo, E. Zendri, Optical techniques for the characterization of surface-subsurface defects in painted layers, *Proc. SPIE*, Vol. **8084** (2011), pp. 80840X-1-8
- [8] E. Tsirandou, E. Bernikola, V. Tornari, T. Fankhauser, M. Läuchli, C. Palmbach, N. Bäschlin, Holographic monitoring of transportation effects on canvas paintings, *SPIE Newsroom*, **6** (2011), 1117/2.1201106.003767
- [9] E. Tsiranidou, E. Bernikola, V. Tornari, T. Fankhauser, M. Läuchli, C. Palmbach, N. Bäschlin, Preliminary investigation on monitoring transportation effects by full field methods: a digital holographic speckle pattern interferometry study on canvas paintings, *Proc. SPIE*, Vol. **8084** (2011), 80840J

- [10] Ł. Bratasz, R.Kozłowski, Laser sensors for continuous in-situ monitoring of the dimensional response of wooden objects. *Stud. Conserv.* **50**, (2005) pp. 307–315
- [11] G.S.Spagnolo, D. Ambrosini, G. Guattari, Electro-Optic Holography and image processing for in situ analysis of microclimate variation on artworks. *J. Opt.* **28** (1997), pp. 99–106
- [12] G. Gülker, K. Hinsch, Deformation measurements in microclimate using ESPI, *Proc. Volume of LACONA V*, Springer: Paris, 10–14 September, 2001
- [13] The Noninvasive Analysis of Painted Surfaces Scientific Impact and Conservation Practice, Edited by A. Nevin and T.a Doherty, Washington D.C., 2016
- [14] Y. Y. Hung, Shearography: A new optical method for strain measurement and nondestructive testing, *Opt. Eng.* (May/June) (1982), pp. 391–395
- [15] P. Klausmeyer, M. Cushman, I. Dobrev, M. Khaleghi, E. J. Harrington, X. Chen, C. Furlong, Quantifying and Mapping Induced Strain in Canvas Paintings Using Laser Shearography, *Smithsonian Contributions to Museum Conservation*, no. 5 (2016), pp. 1-13
- [16] F. Felli, D. Pilone, A. Brotzu. C. Vendittozzi, Use of FBG sensors for monitoring cracks of the equestrian statue of Bartolomeo Colleoni in Venice, *Frat-tura ed Integrità Strutturale*, **30** (2014) pp. 48-54
- [17] M. Bacci, C. Cucci, A. A. Mencaglia, and A. G. Mignani, Innovative Sensors for Environmental Monitoring in Museums. *Sensors*, **8**, no. 3 (2008), pp. 1984–2005
- [18] E. Esposito, Laser Doppler Vibrometry, Chapter 3.3 in: M. Schreiner, M. Strlič, R. Salimbeli, *Handbook of the use of lasers in conservation and conservation science*, COST Office, 2008
- [19] P. Castellini, E. Esposito, V. Legoux, N. Paone, M. Stefanaggi, E. P. Tomasi-ni, On field validation of non-invasive laser scanning vibrometer measurement of damaged frescoes: experiments on large walls artificially aged, *Journal of Cultural Heritage* **1**, no. 1 (2000) pp. S349-S356
- [20] D. C. Adler, J. Stenger, I. Gorczynska, H. Lie, T. Hensick, R. Spronk, S. Wo-lohojian, N. Khandekar, J. Y. Jiang, S. Barry, A. E. Cable, R. Huber, J. G. Fujimoto, *Optics Express*, **15** (2007), 15972
- [21] A. Szkulmowska, M. G' ora, M. Targowska, et al., The applicability of optical coherence tomography at 1.55  $\mu\text{m}$  to the examination of oil paintings, *Proceedings of the 6th International Congress on Lasers in the Conservation of Artworks (LACONAVI '05)*, J. Nimmrichter, W. Kautek, and M. Schreiner, Eds., Vienna, Austria, September 2006
- [22] T. Arecchi, M. Bellini, C. Corsi, et al., Optical coherence tomography for painting diagnostics, in: Optical Methods for Arts and Archaeology, *Proc. SPIE*, Vol. **5857** (2005) pp. 278–282



- [23] H. Liang, M. G. Cid, R. G. Cucu, G. Dobre, A. Podoleanu, J. Pedro, D. Saunders, En-face optical coherence tomography—a novel application of non-invasive imaging to art conservation, *Optics Express*, **13**, no. 16 (2005) pp.6133–6144
- [24] H. Liang, M. G. Cid, R. G. Cucu, G. Dobre, B. Kudimov, J. Pedro, D. Saunders, J. Cupitt, A. Podoleanu, Optical coherence tomography: a non-invasive technique applied to conservation of paintings, in: Optical Methods for Arts and Archaeology, *Proc.SPIE*, Vol. **5857** (2005) 9 pages
- [25] H. Liang, B. Peric, M. Hughes, A. Podoleanu, M. Spring, D. Saunders, Optical Coherence Tomography for Art, Conservation & Archaeology, *Proc. SPIE*, Vol. **6618** (2007), pp. 1-12
- [26] E. R. de la Rie, The influence of varnishes on the appearance of paintings, *Studies in Conservation*, **32**, no. 1 (1987), pp. 1–13
- [27] M. Gora, P. Targowski, A. Rycyk, J. Marczak, Varnish ablation control by optical coherence tomography, *Laser Chemistry*, **2006**, no. 3 (2007), Article ID 10647, 7 pages
- [28] T. Bajraszewski, I. Gorczynska, B. Rouba, and P. Targowski, Spectral domain optical coherence tomography as the profilometric tool for examination of the environmental influence on paintings on canvas, in: *Proceedings of the 6th International Congress on Lasers in the Conservation of Artworks (LACONAVI '05)*, J. Nimmrichter, W. Kautek, and M. Schreiner, Eds., Vienna, Austria, September 2006
- [29] P. Targowski, M. Gora, T. Bajraszewski, et al., Optical coherence tomography for tracking canvas deformation, *Laser Chemistry*, **2006** (2007), Article ID 93658, 8 pages
- [30] H. Liang, Optical coherence tomography, Presentation at IIC Intern. Training Centre for Conservation, 14 Nov. 2016
- [31] H. Liang, M. Mari, C. S. Cheung, S. Kogou, P. Johnson, G. Filippidis, Optical coherence tomography and non-linear microscopy for paintings – a study of the complementary capabilities and laser degradation effects, *Optics Express*, **25**, no. 16 (2017), p. 19640

## **LASER METHODS IN RESTORATION AND CONSERVATION OF EASEL PAINTING (PART II)**

**Mariana Kuneva**

The first part of the study reviews various analytical spectroscopy techniques using lasers to excite spectra of pigments, media, varnishes and other components of painting layers. The second part is focused on interferometric methods of structural analysis of paintings (holographic interferometry, shearography, Doppler laser vibrometry, optic coherence tomography) and microclimate sensors.

---

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

**ОРГАНИЗИРАТ ЛЕКТОРИЯ**

**СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА НА ЖИВО**

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

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

---

## ФИЗИЦИТЕ РЕШИХА 35-ГОДИШНА ЗАГАДКА, СКРИТА В АТОМНОТО ЯДРО

Ана Георгиева

**Абстракт:** През 1983 г. е открито, че вътрешната структура на нуклона – протон или неутрон, в празно пространство е различна от структурата му, когато се намира в атомното ядро. Въпреки активната теоретична и експериментална работа, причината за тази промяна остава неясна. Тази година в статия, публикувана в списание „Природа“ (*Nature*) [1], колаборацията CLAS [2] представя доказателства, които изясняват този дълго съществуващ проблем. В статията се предлага обяснение на това явление, което ще доведе до важни следствия за ядрената физика [3]. След 35 години физиците предлагат решение на този проблем.

Развитието на ядрената физика започва с изследванията на Ърнест Ръдърфорд (*Ernest Rutherford*), чиито експерименти в началото на 1900 г. по разсейването от материята на  $\alpha$ -частици (хелиеви ядра) показват наличието на компактна, плътна сърцевина в центъра на атома<sup>1</sup>. Оттогава физиците работят активно върху структурата на атомното ядро и динамиката на съставлящите го частици. Аналогично, след откриването през късните шестдесет години на миналия век, че нуклоните – протони и неутрони, също имат вътрешна структура от частици, наречени кварки<sup>2</sup>, интензивна работа се фокусира върху изследването на тази основна, по-дълбоко скрита структура на ядрото.

В продължение на десетилетия се счита, че нуклоните в ядрото са структурно независими един от друг и се влияят съществено от средното ядрено поле, възникващо в резултат на взаимодействията помежду им. Въпреки това постоянно възниква въпросът, дали нуклоните се променят, когато са вътре в ядрото, т.е. дали тяхната структура е различна от тази на свободните нуклони. През 1983 г. изненадващо откритие на Европейската мюонна колаборация (ЕМК) (*European Muon Collaboration – EMC*)<sup>3</sup> в Лабораторията по физика на частиците в ЦЕРН (*CERN*) близо да Женева, Швейцария, представя доказателства за съществуването на такава модификация. Това изменение, известно като ЕМК ефект (по името на колаборацията), се проявява като вариация на разпределението на импулса на кварките вътре в нуклоните, съдържа-

<sup>1</sup><https://www.livescience.com/37206-atom-definition.html>

<sup>2</sup><https://www.livescience.com/64687-why-top-quark-so-heavy.html>

<sup>3</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Muon\\_Collaboration](https://en.wikipedia.org/wiki/European_Muon_Collaboration)

щи се в ядрото. Този резултат се потвърждава впоследствие от експерименти в Националната ускорителна лаборатория (SLAC) в Менло парк [4, 5] в Калифорния и на Националния ускорителен център в Лабораторията Томас Джеферсън (Jefferson Lab) [6] в Нюпорт Нюз, Вирджиния, САЩ. Накратко казано, вътрешната структура на нуклоните зависи от средата, в която се намират – в празно пространство или в атомното ядро.

Така че мистериозната истина, за която учените знаеха от 1983 г., е, че протоните и неутроните се държат различно, когато са вътре в атома, от това, когато са свободни. Конкретно кварките се забавят силно, когато са ограничени в атомно ядро [7]. Обаче, въпреки енергичната и активна теоретична и експериментална дейност на физиците, причините за тази промяна в нуклоните вътре и извън ядрото остава загадка.

На физиците това не им харесва, защото неутроните са неутрони, независимо от това дали са вътре в атом или не. И протоните са си протони. Но и двете са изградени от кварки, които са свързани чрез силното взаимодействие<sup>4</sup>.

„Когато поставите кварки в ядро, те започват да се движат по-бавно и това е много странно“, казва съавторът на изследването [5] Ор Хен (Or Hen), физик от Масачузетския технологичен институт (MIT). Това е странно, защото мощните взаимодействия между кварките определят тяхната скорост, докато силите, които свързват ядрото (и също действат на кварките вътре в ядрото), се предполага, че са много по-слаби.

Няма друга известна сила, която може да променя поведението на кварките в ядрото в такава голяма степен. И все пак ефектът е налице. До тази година учените не бяха сигурни какво го предизвиква<sup>5</sup>.

Енергията на привличане на два нуклона в ядрото е около 8 MeV (млн. електрон волта). Кварките в протона или неутрона са свързани с около 1000 MeV. Така че е необяснимо как такива сравнително слаби взаимодействия в ядрото влияят драматично на мощните взаимодействия между кварките в нуклона.

Но ЕМК ефектът съвсем не изглежда като слабо побутване от външна сила. Макар и да варира от едно ядро към друго, той не е половин процент. Ефектът изскача от експерименталните данни, стига да си достатъчно изобретателен да подготвиш подходящ опит.

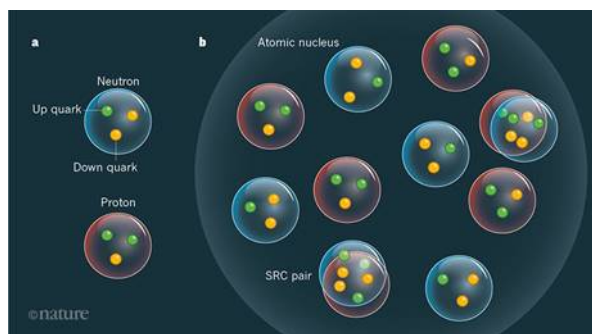
„Теоретиците създадоха много различни модели, обясняващи на какво се дължи това“, продължава Хен. „Един мой приятел се шегуваше, че ЕМК (ЕМС) означава „Everybody's Model is Cool“ (всеки модел е добър). Но с времето физиците направиха много експерименти, тестваха различните модели и те един по един отпадаха. Нито един не можеше да обясни всички

<sup>4</sup><https://www.livescience.com/48575-strong-force.html>

<sup>5</sup><https://www.livescience.com/34052-unsolved-mysteries-physics/2.html>

данни и бяхме изправени пред голяма загадка. Вече разполагаме с много данни, измервания на движението на кварките вътре в най-различни ядра, а не можем да обясним какво става“, казва той. Въпреки активната теоретична и експериментална работа, причината за тази модификация си остава неизвестна.

Въпреки че съществуването на ЕМК ефекта е установено със сигурност, причината за него е все още неясна. Съвременната теория предлага две възможни обяснения. Първото е, че всички нуклони в ядрото се променят в някаква степен в резултат на действието на средното ядрено поле. Втората е, че повечето нуклони остават непроменени, но специфична част от тях се променят до някаква степен от взаимодействие помежду им което създава за кратко време, така наречените корелирани двойки нуклони (*short-range correlated (SRC) pairs*), свързани от късодействащите сдвояващи сили (Фигура 1). В статия в *Nature* [1], колаборацията *CLAS* [2] представя доказателства в полза на втората хипотеза.

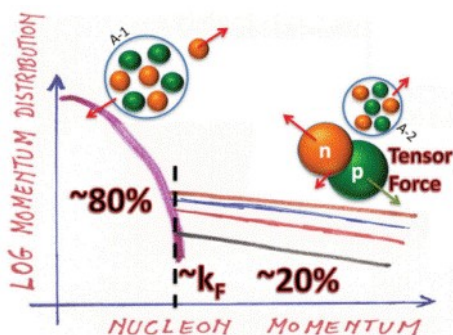


Фигура 1. Модифицирани протони и неутрони в ядрото: а) нуклоните – протони и неутрони са съставени от елементарни частици, наречени кварки. Неутроните съдържат един горен и два долни кварка, докато протоните съдържат два горни и един долен кварк; б) в атомните ядра нуклоните могат за кратко да се свързват в така наречените късодействащи двойки. *CLAS* колаборацията докладва доказателство, че тези взаимодействия променят вътрешната структура на нуклоните в ядрото

ЕМС ефектът се измерва в експерименти, в които електрони се разсейват от система от частици – ядро или нуклон. Електронните енергии се подбират така, че квантово-механичните вълни, асоциирани с електроните, да имат дължини на вълната, която отговаря на размера на изследваната система. За изучаването на вътрешността на ядрото са необходими енергии от 1 – 2 GeV (1 GeV =  $10^9$  eV). За изучаване структурата на по-малки системи като нуклона се изискват по-високи енергии (по-малки дължини на вълните) в процес, наречен дълбоко нееластично разсейване (ДНР) (*deep inelastic scattering – DIS*). Този процес е основният при откриването на кварковата субструктура на нуклоните, което донася през 1990 г. Нобелова награда на откривателите

си Дж. Фридман (*Jerome Friedman*), Х. Кендал (*Henry Kendall*) и Р. Тейлър (*Richard Taylor*).

В експериментите по ДНР мярката, с която се определя разсейването, се описва с физическа величина, наречена сечение на разсейването. Големината на ЕМК ефекта се определя от графиката на отношението на сечението за избиване нуклон на дадено ядро към това за водородния изотоп деутерий, като функция на импулса на кварка, който е ударен от електрона. Ако няма промяна в структурата на нуклона, това съотношение ще е постоянно и равно на 1. Фактът, че то намалява като функция на импулса на нуклона за дадено ядро, показва, че индивидуалните нуклони в ядрото са по някакъв начин модифицирани (Фигура 2). Нещо повече, фактът, че това намаляване е по-бързо, ако масата на ядрото нараства, предполага, че ЕМК ефектът е по-силен при по-тежките ядра.



Фигура 2. Скица на качествен анализ на преобладаващите характеристики на разпределението на импулсите в ядрото. При импулс на нуклона  $k < k_F$  ( $k_F$  – импулс на Ферми) импулсът на избития нуклон се балансира от останалите в ядрото  $A - 1$  нуклони и може да се опише с модели на средното поле. При  $k > k_F$ , избитият нуклон принадлежи на протон-неутронна ( $pn$ ) двойка и импулсът му се балансира от другия нуклон в двойката [8]

Вместо да се опитват да обяснят целия проблем наведнъж, Хен и колежите му решили да разгледат един специален случай на взаимодействие между неутрон и протон. CLAS колаборацията използва данни от електронното разсейване, получени от Джеферсън лабораторията, за да установи съотношението (връзката) между големината на ЕМК ефекта и броя на корелираните протон-неутронни двойки в дадено ядро [8]. Те бомбардирани много различни ядра с електрони и намерили пряка връзка между тези нуклонни двойки и ЕМК ефекта. Ключов момент в работата им е извеждането на математическа функция, която описва ефекта от корелираните протон-неутронни двойки върху сеченията на разсейване и за която е показано, че зависи от изследваното ядро. Изследвайки опитните данни, колективът е получил математическа формула, описваща точно как се променя ЕМК ефектът от едно ядро към

друго. Тази универсалност дава силно потвърждение за взаимовръзката на ЕМК ефекта и броя на корелираните протон-неутронни двойки в дадено ядро [9].

Резултатите показват, че промените в нуклоните са динамичен ефект, който се появява в резултат на вариации в локалната плътност. Това опровергава предположението за свойство на средата, зависещо от масата, при което всички нуклони се модифицират от средното ядрено поле.

В зависимост от ядрото размерът на нуклоните (който е функция на тяхната скорост) може да се промени с 10 до 20%. В ядро на злато например протоните и неутроните са с 20% по-малки отколкото, когато се движат свободно.

В повечето случаи в ядрото протоните и неутроните не се припокриват, и може да се каже, че уважават своите граници – въпреки че те са просто система от свързани кварки. Но понякога нуклоните се свързват в рамките на даденото ядро и започват за кратко да се припокриват физически, образувайки „корелирани двойки“. Във всеки даден момент около 20% от нуклоните в ядрото се препокриват по този начин. Когато това се случи, огромен поток енергия протича между кварките, изменяйки фундаментално тяхното поведение и свързана структура – явление, предизвикано от силното взаимодействие. В статията, публикувана в списание *Nature* [1], изследователите твърдят, че именно този поток енергия води до ЕМК ефекта<sup>6</sup>. С други думи, експерименталните данни сочат, че повечето нуклони не се променят въобще. Но тези, които са в нуклонна двойка, променят поведението си толкова драматично, че изкривяват резултатите от експериментите. Толкова много кварки в толкова малко пространство предизвикват драматични ефекти. ЕМК ефектът е следствие на няколко аномалии, а не на промени в поведението на всички нуклони.

Това е сериозно доказателство, че този ефект на вдвояване е истинският отговор на мистерията ЕМК, твърди Фелдман пред списание *Live Science*<sup>7</sup> – интернет страница за научни новини, която отразява научни открития, нови изследователски инициативи и странни факти. След 35 години физиците изглежда решиха този проблем, за който имаше твърде много незадоволителни хипотези. Хен казва, че той и неговите колеги вече са подготвили следващи експерименти, които да надникнат по-дълбоко в проблема и да разкрият нови неизвестни неща за поведението на вдвоените нуклони в атомното ядро.

### Литература

- [1] *Modified structure of protons and neutrons in correlated pairs*, The CLAS Collaboration, *Nature* **566**, pp 354–358 (2019)

<sup>6</sup><https://home.cern/science/physics/standard-model>

<sup>7</sup><https://www.livescience.com/>

- [2] The CLAS Collaboration, *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys* **35**, 109804, (2008 )
- [3] *Why neutrons and protons are modified inside nuclei*, Gerald Feldman, News & Views article in volume **566** of Nature, 332-333 (2019)
- [4] Arnold, R. G. *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **52**, 727–730 (1984).
- [5] Gomez, J. *et al.*, *Phys. Rev. D* **49**, 4348–4372 (1994).
- [6] Seely, J. *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 202301 (2009).
- [7] Aubert, J. J. *et al.*, *Phys. Lett. B* **123**, 275–278 (1983).
- [8] *Nucleon-nucleon correlations, short-lived excitations, and the quarks within*, Or Hen, Gerald A. Miller, Eli Piasetzky, and Lawrence B. Weinstein, *Rev. Mod. Phys.* **89**, 045002
- [9] *Direct Observation of Proton-Neutron Short-Range Correlation Dominance in Heavy Nuclei*, M. Duer *et al.* (CLAS Collaboration) *Phys. Rev. Lett.* **122**, 172502 (2019)

## PHYSICISTS SOLVED A 35-YEAR-OLD MYSTERY HIDDEN INSIDE ATOMIC NUCLEUS

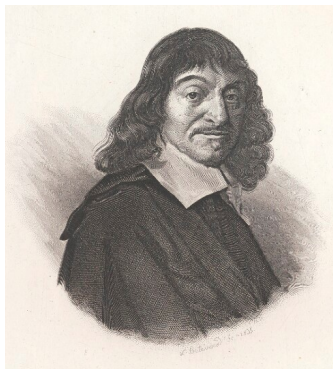
Ana Georgieva

In 1983, it was discovered that the internal structure of a nucleon – a proton or a neutron in empty space – is different from its structure when it is embedded inside an atomic nucleus. Despite vigorous theoretical and experimental work, the cause of this modification has remained unknown. In a paper in Nature [1], the CLAS Collaboration [2] presents evidence that sheds light on this long-standing issue. The authors of the paper suggest an explanation for this phenomenon that could have broad implications for nuclear physics [3]. After 35 years, particle physicists seem to have solved this problem.



## ДЕКАРТ, БЕКМАН И МИГНОВЕНОТО РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА СВЕТЛИНАТА

По-долу публикуваме писмо на Рене Декарт (1596 – 1650) до Исаак Бекман (1588 – 1637), което е част от дискусия между двамата относно разпространението на светлината. Бекман е един от пионерите на научната революция на XVII в., макар и по-неизвестен от Галилей, Кеплер и Декарт. Той е седем години по-възрастен от Декарт и в първите години на познанството им го въвежда в „корпускулярната философия“, т.е. в един подход към природните явления, който се основава на представянето им като резултат от движението и сблъсъка на микроскопични частици, при които те си предават движение.



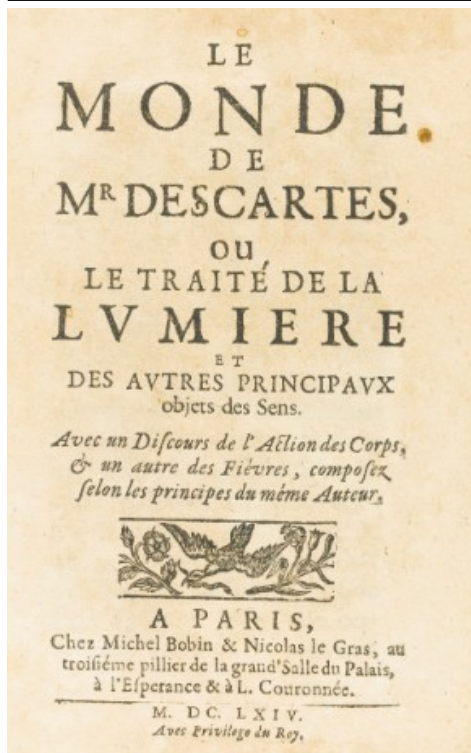
*Рене Декарт*

Според разказа на А. Байе, първия биограф на Декарт, неговото приятелство с Бекман започва по следния начин. През 1618 г. Декарт се намира в холандския град Бреда като офицер от армията на Мориц Орански. По онова време той още не знае холандски и, попаднал на афиш с някаква математическа задача, моли един от минавачите да му я преведе. Минавачът е Бекман, той му превежда текста на латински, но поставя условие младежът да реши задачата, нещо с което той се справя успешно [1].

Следва период на усилено общуване между двамата, при което Бекман, както изглежда, е поставял на Декарт задачи, изискващи приложение на неговите математически умения. Така под ръководството на Бекман, чиято математическа компетентност е по-слаба, двамата съвместно прилагат корпускулярния подход [2].

По-късно (1630 г.) Декарт, вече придобил авторитет в интелектуалните кръгове, реагира остро на твърденията на Бекман, че последният го е учил на нещо и му изпраща едно доста обидно писмо [3]. Как са се развили по-нататък отношенията им не се знае, но писмото по-долу свидетелства, че към 1634 г. конфликтът поне донякъде е изгладен и двамата отново обсъждат научни въпроси.

В концепцията на Декарт, изложена в *Светът* [4], светлината е представена не като поток от частици, а като предаване на натиск, което се извършва мигновено. Той илюстрира това с предаването на натиск по бастуна, с който слепецът напипва пътя си [5]. Не може да се каже, че схващането за светлината като преместване на частици противоречи логически на Декартовата



система. В края на краищата неговият възглед е корпускуларен. Но защитаваната от Декарт представа за светлината е заложена в самия замисъл на системата и без нея тя би била като недостроена катедрала. Не случайно *Светът* носи подзаглавие *Трактат за светлината*. В света, както си го представя той, не може да има празно място и така всеки допир може да се предава без прекъсване от една частица на друга. В този свят, разбира се, не е възможно безпрепятствено придвижване на една частица без движението ѝ да се възпира и пренасочва от допиращите се до нея частици. Но анализът на движението се извършва чрез *склонността* (*l'inclination*) [6] в даден момент частицата да запазва праволинейното си и равномерно движение и точно тази склонност се предава мигновено при допир. Така светлината се разпространява без движе-

ние на частици и по права линия. А трите елемента, които според Декарт образуват цялата съществуваща материя, са въведени с оглед на трите процеса, свързани със светлината – излъчването, разпространението и, на трето място, нейното пречупване и отражение. Най-финият елемент, огънят, произвежда този „импулс“, въздухът го предава, а твърдите тела го пречупват и отразяват. Също и в космологията на Декарт от самото начало е заложен начинът, по който звездите предизвикват в околната материя смущения, които в крайна сметка достигат очите на наблюдателя. Не е преувеличено твърдението му, че ако се установи някакъв интервал от време между излъчването и улавянето на светлината, неговата „философия“ ще бъде разрушена. Друг въпрос е дали е възможно един отделен експеримент да разруши цяла „философия“.

### Рене Декарт до Исаак Бекман, Амстердам, 22 август 1634 г. [7]

Радвам се, че още си спомняте споровете, които започнахме наскоро. Но тъй като виждам, че доводът, който използвах тогава, още не Ви удовлетворява, готов съм на драго сърце да Ви напиша какво мисля за Вашия отговор. А преди всичко, за да няма съмнение по отношение на самата теза, ще представя накратко целия спор.

Когато неотдавна бяхме заедно, казах, че светлината мигновено достига (а не, както пишете, „се придвижва“, което смятате за същото) от светещото

тяло до окото и дори прибавих, че за мен това положение е толкова сигурно, че ако може да се докаже погрешността му, съм готов да призная, че нищичко не разбирам от философия.

Вие, напротив, твърдахте, че движението на светлината може да стане само за определено време и прибавихте, че сте измислили начин да се проведе опит, от който може да стане ясно кой от двамата ни греши. И този опит, както сега в писмото си сте го изложили по-добре (пропусчайки някои излишни неща – звука, чука и др. под.), е такъв: ако някой през нощта държи в ръка факел и замахне с него, като наблюдава отражението му в огледало, отдалечено на четвърт миля, ще може да установи дали движението на ръката се усеща, преди да се види същото това движение в огледалото. Вие дотолкова вярвахте в този опит, че обещахте да приемете цялата си философия за погрешна, ако между момента, когато това движение се види в огледалото, и момента, когато то се усети в ръката, няма никакъв забележим промеждутък. Аз, напротив, казах, че ако такъв промеждутък се установи от сетивата, философията ми ще бъде разрушена из основи. И затова спорът между нас, трябва да се отбележи, беше не толкова по въпроса дали светлината се пренася мигновено или за известно време, колкото относно резултата от опита. Но на следващия ден, за да приключи цялата дискусия и да Ви освободя от безполезен труд, предложих да използваме друг опит, вече многократно проверен от много хиляди хора, при това с най-голямо внимание, от който става ясно, че няма никакъв промеждутък от момента, когато светлината напуска източника си, до момента, когато попада в окото.

За да го представя, най-напред попитах дали смятате, че Луната се осветява от Слънцето и че затъмненията стават поради преминаването на Земята между Слънцето и Луната или на Луната между Слънцето и Земята. Вие потвърдихте. Попитах още как да приемем, че достига до нас светлината от звездите и Вие отговорихте: по права линия. По такъв начин, когато се вижда Слънцето, то няма да ни се представи на мястото, където е в действителност, а там, където е било в момента, когато светлината, достигаща очите ни, е тръгнала първоначално от него. Помолих накрая да определите какъв най-малко трябва да бъде този наблюдаем промеждутък от момента, когато се задвижва факелът, до този, когато неговото движение се наблюдава в огледалото, отдалечено на четвърт миля. Този промеждутък предния ден Вие бяхте определили като равен най-малко на времето за едно пулсиране на артериите, но сега, по-щедро, приехте да бъде, колкото аз пожелах. Затова, за да е ясно, че не искам да злоупотребявам с Вашата любезност, допуснах, че не е по-дълъг от една двайсет и четвърта част от един пулс на артериите и казах, че във Вашия опит забавянето би било съвършено недоловимо (с това Вие се съгласихте напълно), а в моя опит ще бъде доста забележимо. Защото приемам, че Луната е отдалечена от Земята на разстояние петдесет земни радиу-

са, а трябва да се приеме, че земният радиус е шестстотин мили, за да не се получи противоречие и с геометрията, и с астрономията. Ако светлината се нуждае от една двайсет и четвърта от един пулс на артериите, за да измине два пъти по четвърт миля, ще ѝ трябва времето за пет хиляди удара, т.е. поне един час, за да измине също така два пъти пространството между Земята и Луната, както става ясно от пресмятането.

И основавайки се на тези предпоставки, разсъждавах по следния начин. Нека да е дадена правата линия  $ABC$  и за да може да се стигне до един и същ извод, независимо дали се движи Земята или Слънцето, нека  $A$  да е мястото, където в някакъв момент намираме Слънцето,  $B$  – мястото, където в този момент намираме Земята и  $C$  – това, на което намираме Луната.

\_\_\_\_\_  
 А                      В                      С

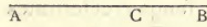
Да приемем, че от Земята Луната се вижда затъмнена в място  $C$ . А според допусканията това затъмнение трябва да се види точно в този момент, когато светлината, излъчена от Слънцето, когато то е било в точка  $A$ , би достигнала окото, след като бъде отразена от Луната, ако пътят ѝ не беше пресечен от Земята, т.е., пак според допусканията, един час по-късно от момента, когато тази светлина достигне Земята. И затова затъмнението може да се види в  $C$  едва един час след като Слънцето се е виждало в  $A$ , ако предпоставките, с които Вие се съгласихте, са истинни, т.е. ако движението на факела се вижда в огледало, отдалечено на четвърт миля, една двайсет и четвърта от един пулс на артериите по-късно от замахането с ръка. Но постоянните и грижливи наблюдения на всички астрономи, получили безброй потвърждения, свидетелстват, че ако Луната, докато е в затъмнение, се вижда в точка  $C$  от Земята в точка  $B$ , то Слънцето трябва да се вижда в  $A$  не един час по-рано, а в същия този момент. А един час при този опит, когато се наблюдава разположението на Слънцето спрямо Земята и Луната, е много по-забележим интервал от една двайсет и четвърта от един удар на пулса във Вашия експеримент. Следователно, от една страна, Вашият опит е безполезен, от друга, моят, който е опит на всички астрономи, показва далеч по-ясно, че светлината няма нужда от никакво забележимо време, за да бъде видяна.

Затова аз казах, че този аргумент е доказателство, Вие пък го нарекохте паралогизъм и *petitio principii*. Но от отговора Ви става достатъчно ясно дали с право го наричате така, или, по-скоро, неоснователно. Защото Вие отговорихте само две неща, в първото от които може да се открие паралогизъм, а във второто има наистина не *petitio principii*, а (което ми се струва по-лошо) отрицание на предпоставките.

Та Вие, изключвайки денонощното движение, прибягвате до бавността на годишното движение по отношение на нещо, което изцяло зависи от месечното движение на Луната, повече от дванайсетократно по-бързо от го-

дишното. Освен това тук не само разлика от един час (което показвах, че е достатъчно), а дори от половин минута е установява достатъчно лесно. Така че кой не би забелязал тук паралогизма?

non agnoscat? Cum autem dicis postea, radios ex Sole & Luna emissos, etiam inter Solem & Lunam vna cum Sole & Luna circulariter moueri, ita scilicet vt videantur semper in locis vbi reuera existunt, licet videantur ope luminis quod ab ipsis prius est emissum, cum alijs in locis existerent (neque enim aliter potest intelligi); negas manifeste illud ipsum quod ante concefferas, & ex quo tota illa pars meæ demonstrationis, quam tibi explicaueram, dependebat, nec vides te in aliam eius partem incidere, quæ est de Solis Eclipsi. | Nempe sint A Sol, C Luna, B Terra, in eadem



linea recta, & iuxta supputationem supra factam ponamus lumen media hora indigere vt à Luna C ad Terram B perueniat : vt autem à Sole A, qui est viginti quatuor vicibus ad minimum Luna remotior, horis duodecim. Igitur ex tua vltima concessione, hoc inf-

*Фрагмент от писмото до Бекман*

След това казвате, че лъчите, изпратени от Слънцето и Луната, се движат по окръжност заедно със Слънцето и Луната също и в пространството между тях, т.е. така, че те се виждат винаги на местата, където се намират в действителност, въпреки че се виждат благодарение на светлина, изпратена от тях, докато са се намирали на друго място (защото [това възражение] не може да се схване иначе). Така по очевиден начин отричате точно това, което бяхте приели преди и на което се основава цялата тази част от моето доказателство, която Ви бях обяснил. А не виждате, че навлизате в другата му част, която се отнася до слънчевото затъмнение.

Имам предвид следното. Нека  $A$  – Слънцето,  $C$  – Луната и  $B$  – Земята,

$\overline{A \quad C \quad B}$

да са на една права и съгласно това, което пресметнахме по-горе, да приемем, че светлината се нуждае от половин час, за да стигне от Луната  $C$  до Земята  $B$ . А за да стигне от Слънцето  $A$ , което е най-малко дващест и четири пъти по-далеч от Луната, са нужни дванайсет часа. Следователно, според последното допускане, с което се съгласихте, в момента, когато Слънцето е в  $A$ , то е видимо за наблюдател в  $B$ , тъй като Луната не го закрива. Тя обаче, междувременно, както се намира в  $C$ , така и би се виждала там, ако имаше собствена светлина. Защото Слънцето се вижда там благодарение на светлината, която е била излъчена от него дванайсет часа по-рано, и която половин

час по-рано, преминавайки през лунната сфера, не е могла да бъде препречена от Луната, тъй като тогава тя не е била разположена между Слънцето и Земята. Светлината, която тя е препречила в настоящия момент, може да достигне *B* едва след половин час и затова причиненото от нея намаляване на светлината, т.е. затъмнението, може да се види едва половин час след момента, когато Слънцето, Луната и Земята са на една права. Но от опита на всички астрономи е известно точно обратното – че затъмнение става тогава, когато Слънцето, Луната и Земята се намират на една права и тук не само отклонение от половин час, а дори от половин минута не би останало незабелязано. Следователно ... и т. н.

Няма да прибавям безчислени други съображения, които биха накарали последното твърдение да изглежда много по-нелепо: например, че ако приемем това, винаги на изток трябва да виждаме черен кръг между земята и небето, а на запад да виждаме Слънцето и звездите под планините и други подобни. Нито ще попитам какво насочва това кръгообразно движение на светлината, идваща едновременно от различни звезди, че постоянно да запазва нееднаквите скорости на звездите, от които е излъчена и т.н. Защото, ако това, което вече написах, не Ви убеди, ще призная, че съм безсилен.

Поздрави!

Амстердам, 22 август 1634 г.

### Литература

[1] Adrien Baillet, *La Vie de Monsieur Descartes*, tome 1 (Paris, 1691), p. 43.

[2] Stephen Gaukroger, *Descartes. An Intellectual Biography*. (Oxford: Oxford University Press, 1995), p. 69.

[3] René Descartes, *Œuvres*, publiées par Charles Adam et Paul Tannery, tome 1 (Paris: Léopold Cerf, 1897). Lettre XXIII, p. 154 – 155.

[4] Ibidem, tome 11, p. 1 – 215. Частичен превод на български в: Р. Декарт, *Избрани философски произведения* (София: Наука и изкуство, 1978), с. 187 – 244. Декарт работи върху този труд между 1630 и 1634 г. и се отказва от публикуването му, след като научава за осъждането на Галилей.

[5] R. Descartes, *Le monde*. Ibidem, tome 11, p. 99.

[6] *Le monde*, ibidem, p. 44.

[7] René Descartes, *Œuvres*, publiées par Charles Adam et Paul Tannery, tome 1 (Paris: Léopold Cerf, 1897). Lettre LVII, p. 307 – 312.

Коментар и превод от латински: **Константин Янакиев**

## DESCARTES, BEECKMAN AND THE INSTANTANEOUS PROPAGATION OF LIGHT

René Descartes and a less known Dutch scholar, Isaac Beeckman, known for his atomistic beliefs, were influential intellectuals in the 17th century. Here we publish a letter from René Descartes to Isaac Beeckman, which is part of a discussion between the two regarding the propagation of light.

Commentary and translation from Latin: **Constantin Yanakiev**

---

### АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 20 лв., за членове на СФБ – 16 лв, за ученици, студенти и пенсионери – 10 лв.

Ако желаете да се абонирате – пишете на [worldofphysics@abv.bg](mailto: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: [urp@phys.uni-sofia.bg](mailto:urp@phys.uni-sofia.bg)
- по време на лекторията „Светът на физиката на живо“

# СПИСАНИЕ „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“ СЪЮЗ НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ



## Списание „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](http://wop.phys.uni-sofia.bg)

### АБОНИРАЙТЕ СЕ

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

За ученици, студенти и пенсионери – 10 лв.

Ако желаете да се абонирате, пишете на [worldofphysics@abv.bg](mailto: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](http://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](mailto:upb@phys.uni-sofia.bg),

както и по време на ежемесечната ни лектория

„Светът на физиката на живо“

в Софийска градска библиотека



## ЛЕКЦИЯ НА ГЕНЕРАЛНИЯ ДИРЕКТОР НА ЦЕРН ВЪВ ФИЗИЧЕСКИЯ ФАКУЛТЕТ НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ

На 21 ноември 2019 г. Генералният директор на Европейския център за ядрени изследвания (ЦЕРН) д-р Фабиола Джианоти изнесе във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ лекция на тема „*Research (and much more ...) at CERN*“. Посещението бе по повод 20-ата годишнина от приемането на България за официален член на тази организация.



В лекцията си д-р Фабиола Джианоти представи ЦЕРН и научните изследвания, провеждани в него, като се спря също така и на българското участие.

Европейският център за ядрени изследвания е създаден през 1954 г. с цел да се обединят усилията на европейските страни в изследванията на елементарните частици, съставляващи материята, и силите, отговарящи за техните взаимодействия.

Това е международна междуправителствена организация, в която членуват 23 държави (Австрия, Белгия, България, Чешката република, Дания, Финландия, Франция, Германия, Гърция, Унгария, Израел, Италия, Холандия, Норвегия, Полша, Португалия, Словакия, Сърбия, Испания, Румъния,

Швеция, Швейцария и Обединеното кралство). Асоциирани членове на организацията са Кипър, Литва, Индия, Пакистан, Словения, Турция и Украйна.

Научни изследвания в ЦЕРН провеждат учени, инженери и техници от ИЯИЯЕ, ИИКТ и ИСИР на БАН, Софийския университет „Св. Климент Охридски“ и Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“. Общо над 100 български специалисти сътрудничат с ЦЕРН, като най-съществено е българското участие в експеримента *CMS*.

Д-р Джианоти е първата жена генерален директор на ЦЕРН от основаването му. През 2009 г. е избрана за ръководител и говорител на проекта *ATLAS*, който включва сътрудничество на около 3000 физици от 180 институции в 38 страни. *ATLAS* беше един от двата експеримента, участващи в откриването на Хигс-бозона. На 4 юли 2012 г. д-р Джианоти обяви откриването на частицата.

---

**ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ**

**[www.phys.uni-sofia.bg](http://www.phys.uni-sofia.bg)**

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

---

## 100-ГОДИШЕН ЮБИЛЕЙ НА ПРЕПОДАВАТЕЛКАТА ПО ФИЗИКА РОСИНА СТЕФАНОВА ПЕТКОВА

На 2 юли 2019 г. със скромно тържество в дома ѝ беше отбелязан 100-годишният юбилей на дългогодишната учителка по физика Росина Петкова, на което беше прочетен и приветствен адрес от акад. Александър Петров – председател на Съюза на физиците в България.



Заобиколена от роднини, приятели и свои ученици, родената преди 100 години в гр. Казанлък в семейство на учители, Росина Петкова сподели с гостите си спомени за най-прекрасните си години – тези, в които е учила и преподавала физика. През 1937 г. се записва за студентка по физика в Софийския университет. Разказва, че по това време студентите физици и математици са слушали заедно лекции по основополагащи дисциплини за тези два клона на науката при университетските професори от Физико-математическото отделение на първото Висше училище в България. Някои от тях са били с придобита световна известност по времето, когато са специализирали в университетите на Европа. Отива да учи физика в Австрия, но със съжаление отбелязва, че поради военните действия се е наложило да прекъсне следването си там.

След завръщането си в България продължава следването си във Физико-математическия факултет. Била е от първите студенти на завърналата се за да преподава в България млада и ентузиазизирана специалистка в областта на атомната физика и радиоактивността и първата жена – хабилитиран преподавател в Софийския университет, проф. Елисавета Карамихайлова. От нея юбилярката има прекрасни впечатления и пример за работата си като преподавател по физика.

С ерудицията на поколението пионери физици в България и владееенето на немски език Росина Петкова е сред първите преподаватели в новосъздадената през 1960 г. Немска езикова гимназия в София, в която се пенсионира. Тайната на дълголетието според нея са добрият начин на живот и общуването с хората. По време на 30-годишния си стаж като учител е преподавала много уроци, но е научила още повече. „Учех децата и те възприемаха това, което трябва да знаят. С удоволствие го приемаха“, казва стогодишната учителка, която е обичала учениците като свои деца. Затова на младите си колеги препоръчва да обичат учениците, с които работят, и да дават това, което знаят. Според нея днес учителската професия не е достатъчно уважавана.

Поради скромността, характерна за интелегентните хора, физичката Росина Петкова не говори за своето родословие. Само от случайни споделяния се знае, че тя е правнучка на Баба Гана, която приютява Дякона Васил Левски в хана си в Казанлък. Наследница е на зографа Петьо Ганин, който е и съратник на Левски.

Била е един от любимите преподаватели, за които с вълнение си спомнят редица възпитаници на Немската гимназия след дълги години самостоятелна дейност в различни области на живота – наука, образование, култура, политика и дипломация. Със своята интелегентност и буден дух и днес столетницата Росина Петкова е интересен събеседник и компетентен участник при обсъждането на ежедневието и значими събития.

Редколегията на сп. „Светът на физиката“ приветства г-жа Росина Петкова, преподавателя на поколения ученици от Немската гимназия в София, за който да учи и възпитава младите хора е основно задължение. Изказвайки голямото си уважение и признателност за неуморната ѝ дългогодишна дейност в сферата на духовните ценности, пожелаваме на г-жа Росина Петкова добро здраве, бодър дух, сили и неотслабваща енергия!

**Редакционната колегия на сп. „Светът на физиката“**

## НЕГАТИВНОТО ОТНОШЕНИЕ КЪМ ОТРИЦАТЕЛНИТЕ НАУЧНИ РЕЗУЛТАТИ: ДИСКУСИЯ ЗА ПРОТИВОРЕЧИЕТО МЕЖДУ НАУЧНАТА ЦЕННОСТ И НАУЧНАТА КУЛТУРА

*„Това, което ни води до неприятности, не е това което не знаем,  
а това, което със сигурност знаем, че не е така“.*

Марк Твен

Науката често се свързва с романтичната представа за безупречна система от събиране на знания и учени, които работят заедно в методичното търсене на отговори. В действителност това не винаги е така. Когато отговорите са положителни, тогава резултатите се разгласяват веднага. Но какво става, когато се получават резултати, подкрепящи нулевата хипотеза, като не дават определени резултати или не се вписват в текущото научно мислене? В тази статия се дискутират някои проблеми, свързани с предубежденията около такъв вид публикации и трудността да се оповестяват отрицателни резултати. Негативните резултати са ценна част от научната литература, защото принуждава по-критично да прегледаме и оценим нашето мислене, както и ни насочват към обективност на знанието.

### Въздействието на отрицателните открития

Върху учените се прилага все повече натиск да подбират изследователски проблеми, водещи до значими резултати. В много случаи това предизвикателство кара учените да следват пътища в своите изследвания, които не е задължително да бъдат логични или да произхождат от някаква хипотеза. Изглежда, че вместо да подхождат систематично към изследвания проблем, изследователите са подтикнати да ползват нелинейни методи на изследване в търсенето си на значимост. За много от тях, които могат да си позволят този лукс, се знае, че скриват отрицателните си резултати („ефект на чекмедже-то“ – *the „file-drawer“ effect*) и се фокусират върху своите положителни изводи [1]. Това поведение вероятно произтича от вечно растящите изисквания към учените: повече статии с голяма степен на цитиране, за да се спечелят финансови средства, които да поддържат техните изследвания, да се издигат в кариерата и да повишават доходите си.

Преди няколко години в една публикация в *PLoS ONE* Даниеле Фанели (*Daniele Fanelli*) заявява: „Статиите, съдържащи „отрицателни“ резултати, е по-малко вероятно да бъдат публикувани и цитирани“ [2]. Тъй като учените непрекъснато са въввлечени в надпревара за позиция и финансиране, много от тях избират да не продължат с техните „незначими“ резултати (тези

които подкрепят нулева хипотеза), носещи нисък научен интерес и малко цитирания. В резултат на това количеството на докладваните незначими данни прогресивно намалява [3]. Въпреки че може да се твърди, че това се дължи на нарастващото качество на науката, по-вероятно е да се дължи на избора на по-значими, с по-голяма тежест, списания, които по наше мнение могат да дават подчертано указание във формуляра за подаване на статии: **отрицателни резултати не се приемат**. Обаче изглежда, че няма съответствие между резултати, които са положителни, и значими резултати. Логически няма такава връзка, но изглежда, че научните среди приемат те да са аналогични. Защо не се счита, че негативните резултати имат същата стойност?



Исторически погледнато, най-благородната черта на науката е нейната предполагаема прозрачност в разглеждането на всички страни на даден проблем. На теория научните принципи са винаги в процес на преразглеждане и наистина има случаи (на които ще се спрем по-нататък), в които нови доказателства са оборвали стари хипотези и са въздействали върху текущото научно мислене. Това изглежда разумно, но е по-лесно да се каже, отколкото да се извърши. Един от най-ярките примери беше предоставен от лондонския учен доктор Андрю Уейкфийлд (*Andrew Wakefield*), който заедно с 12 съавтори публикува радикалното откритие, че детското ваксиниране (по-специално с *MMP* – ваксина срещу морбили, паротит и рубеола) увеличава разпространението на аутизма [4]. Тази печално известна статия, която се появила в *The Lancet*, предизвикала всеобща паника, довела до намаляване на детската имунизация в продължение на десетилетие. Въпреки 13-те изследвания с убедителни отрицателни резултати, публикувани между 1998 г. и оттеглянето на статията през 2010 г., тези изследвания не могли да спечелят същото ниво на внимание, както оригиналното изследване на Уейкфийлд. Това е засвидетелствано от ръст в заболяемостта и в смъртността при лечимите болести по това време като дребна шарка, заушки, рубеола [5].

Процесът на преход между парадигмите на текущото научно мислене особено впечатлили известният американски физик и философ Томас Кун (*Thomas Kuhn*). Неговите статии предполагат, че когато доказателствата за конкурентната парадигма станат по-силни от доказателствата в подкрепа на доминиращата парадигма, тогава учените лесно ще променят мнението си, към което се придържат [6]. Обаче присъстват по-големи сили, въздействащи на този процес. Според теорията, хората притежават вродена нужда да подкрепят статуквото и поради тази причина имат вродена трудност в отхвърлянето на съществуващите вярвания [7]. Изправени лице в лице с предизвикателствата на противопоставянето на текущите възгледи с нови изследвания,

предразсъдъците ни пречат на борбата за промяната на парадигмите, особено защото отрицателните резултати често се свързват с некоректни или слабо подготвени изследвания, които могат да имат отрицателно отражение върху учения. Затова отрицателните резултати са неприятна истина и игнорирането на несъстоятелните резултати е човешко.

### Коригирането на литературата: тежката битка

Въпреки че преглед на съвременната литература ще покаже, че периодично се появяват примери, в които настоящо изследване отхвърля предишни публикувани идеи, трудността, произтичаща от това действие, силно се подценява. Особено големи трудности в коригирането на литературата са били изпитани от много, но са дискутирани открито само от малцина. Консултант-кардиологът д-р Петер Вилмшурст (*Peter Wilmshurst*) бил особено деен в дискутирането на тази тема, както и на своя личен опит. В продължение на двацет години Вилмшурст се посветил на разпространяването на отрицателните си открития, за да преобърне последиците от изпитване на лекарството амринон, засягащо свиваемостта/еластичността на сърдечния мускул. В оригиналната статия, публикувана в „*The New England Journal of Medicine*“ [8], се твърди, че амринонът е повишил сърдечната свиваемост при проведено малко клинично изследване. Неговите допълнителни изследвания обаче показвали, че „*въпреки че амринон повишил степента на свиваемост на нормалния сърдечен мускул, то не повлияло на свиваемостта на пациенти със сърдечна недостатъчност*“ [9]. Интересното е, че въпреки неговите усилия, той не успява да разпространи тези си открития.

Австралийският клетъчен биолог професор Дейвид Вокс (*David Vaux*) неотдавна публикува есе за своите лични опити да обори изследване и изтегли своята работа от безспорно най-влиятелното научно списание – *Nature* [10]. През 1995 г. Вокс бил поканен да прегледа статия за списанието и бил изключително развълнуван от резултатите, които предлагат механизъм за преодоляване на отхвърлянето на трансплантирана тъкан от организма [11]. Тази променяща парадигмата информация, предизвикала написването на коментара за „*News and Views*“, публикуван в същото издание на *Nature* [12], като заедно с това Вокс подготвял собствени лабораторни изследвания. В следващите няколко години неговата лаборатория не успяла да възпроизведе тези експериментални резултати. Въпреки правилата на *Nature* да публикува работа, която оборва информацията в техните публикации, резултатите на Вокс са отхвърлени. По-късно същата съдба ги застига и в списание *Nature Medicine*. Вокс пише: „*Не знаехме, че вместо да получим отговор за отхвърлянето на трансплант от тези експерименти, те биха ни научили много за редакционните практики и за трудността на коригиране на грешки, когато те вече са се появили в литературата*“ [10]. След 2 години Вокс най-

накрая успял да публикува своите отрицателни резултати в *PNAS* [13] и да оттегли своя коментар за „*News and Views*“ от списание *Nature*.

Науката, по своята природа, означава сътрудничество и една от основните причини, поради която ние трябва да съобщаваме отрицателни резултати, е нашите колеги да не губят време и ресурси, за да повтарят нашите резултати. Ако Вокс не беше публикувал своите отрицателни открития и не беше изтеглил своя коментар от *Nature*, то без съмнение учените щяха да правят изследвания в тази посока, губейки ценно време и ресурси. Интересното е, че малко след като Вокс коригирал коментара си в *Nature*, *Nature Medicine* публикува статия в подкрепа на отрицателните резултати, въпреки първоначалното отхвърляне на негативните открития на Вокс [14]. Сега всички открития, положителни и отрицателни, са разпространени и всички работещи в сферата са информирани. За съжаление, това не винаги е така.

### Отричане на отрицателността

Бунтът срещу предубежденията при публикуване предизвиква движение, в което някои се опитаха да преобърнат песимизма към отрицателните резултати. Например група от списания са били специално създадени да публикуват „отхвърлените“ статии (*Journal of Negative Results in Biomedicine*, *The All Results Journals*, *Journal of Articles in Support Of the Null Hypothesis*... и много други). Също така са се появили и нови пътища за достъп до отрицателните данни (e.g. <https://pubpeer.com/>). Негативните открития са представени и в списания като *Disease Models & Mechanisms* и *PLoS ONE*. Въпреки това, новите списания за публикуване на негативни открития в дадена насока често не привличат много статии, демонстрирайки, че не само политиките на списанията, а и самата научна култура изисква промяна. Публикационните предубеждения са основна тема в историята на науката и все още са проблем. Това е отбелязано в част от коментар, публикуван от О'Хара (*O'Hara*) в списание *Nature*: „... *Отрицателните резултати са все още с нисък приоритет за публикуване, така че ние трябва да открием начини да направим тяхното публикуване по-атрактивно*“ [15]. Отрицателните резултати могат да водят до положителни изводи, а положителните резултати не са равнозначни на продуктивна наука.

Читател коментирал онлайн в отговор на въпроси, издигнати от О'Хара, така: „*Представете си щателно редактирано онлайн списание, което публикува негативни резултати от най-високо качество с противоречиви изводи или означаващи смяна на парадигмата – Nature Negatives*“ [15]. Негативните резултати са считани за табу, но въпреки това те все пак могат да имат сериозни последствия, достойни за публикуване.

Така, въпреки че понастоящем научната общност приема, че отрицателните резултати не са достойни за внимание, тук ние представяме една друга перспектива. Споделянето на негативните резултати не означава правенето



на история от нищото, че резултатите са по-малко значими или това, че резултатите трябва да останат непубликувани. Това означава, че посоката на научното изследване не трябва да се определя от натиска да „се спечели лотарията“, а от систематични, обосновани от хипотези опити да се запълнят пролуките в нашето знание. В центъра на всичко е нашето задължение като учени към: (1) публикуване на всички данни, без значение какъв е изводът, защото отрицателният резултат си е важно откритие и (2) предлагане на хипотеза за обяснението му. Ако експериментът е бил проведен по план, данните не са били манипулирани или изведени от контекста и има фактическо доказателство за отрицателен резултат, то е наше задължение да представим обяснение, защо получаваме тези резултати. Само с истинско преосмисляне на днешната научна култура, която ясно подкрепя положителните резултати, отрицателните резултати ще имат истинска стойност. Само тогава ще можем да работим към подобряване на научната парадигма.

### Литература

1. J. D. Scargle, Publication bias (The „File-Drawer Problem“) in scientific inference. ArXiv:physics 9909033, 1999
2. D. Fanelli, Do pressures to publish increase scientists' bias? An empirical support from US States Data. *PLoS ONE* **5**, e10271, 2010
3. D. Fanelli, Negative results are disappearing from most disciplines and countries. *Scientometrics* **90**, 891 – 904, 2012
4. A. J. Wakefield, et al., Ileallymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children. *Lancet* **351**, 637-641, 1998 [Retraction in *Lancet* (2010), 375: 445].
5. J. S. Gerber and P. A. Offit, Vaccines and autism: a tale of shifting hypotheses. *Clin. Infect. Dis.* **4**, 456-461, 2009
6. T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: Chicago University Press, 1970
7. J. Jost, and O. Hunyady, The psychology of system justification and the palliative function of ideology. *European Review of Social Psychology* **13**, 111-153, 2003
8. J. R., Benotti, et al., Hemodynamic assessment of amrinone. A new inotropic agent. *N. Engl. J. Med.* **299**, 1373-1377, 1978
9. P. Wilmshurst, Obstacles to honesty in medical research. *Health Watch Newsletter* **52**, 6, 2003
10. D. Vaux, Why I retracted my Nature paper: A guest post from David Vaux about correcting the scientific record. *Retraction Watch* 2013, 6, 2013
11. D. Bellgrau, et al., A role for CD95 ligand in preventing graft rejection. *Nature* **377**, 630-632, 1995
12. D. L. Vaux, Ways around rejection. *Nature* **377**, 576-577, 1995

13. J. Allison, et al., Transgenic expression of CD95 ligand on islet  $\beta$  cells induces a granulocytic infiltration but does not confer immune privilege upon islet allografts. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **94**, 3943-3947, 1997
14. S.-M. Kang, et al., Fas ligand expression in islets of Langerhans does not confer immune privilege and instead targets them for rapid destruction. *Nat. Med.* **3**, 738-743, 1997
15. B. O'Hara, Negative results are published. *Nature* **471**, 448-449, 2011

Подбор и превод: **Ангел Гивечев**

### **NEGATIVITY TOWARDS NEGATIVE RESULTS: ABOUT THE DISCONNECT BETWEEN SCIENTIFIC WORTH AND SCIENTIFIC CULTURE**

Publishing of positive results is straightforward, but what happens when the results support the null hypothesis, or do not fit with the current scientific thinking? Here some issues are discussed surrounding the difficulty in communicating negative results, although such findings are a valuable component of the scientific literature forcing the critical evaluation and thinking.

Selection and translation: **Angel Givchev**

---

**Харесайте страницата на списанието във facebook**

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

---

## ТЕМАТИКА НА НАЦИОНАЛНИТЕ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА, организиран от Съюза на физиците в България и МОН

Националните конференции се провеждат след разделянето на физико-математическото дружество през 1971 г. и отделянето на Дружеството на физиците в България, от 1989 г. – Съюз на физиците в България. Неизменно от 1973 г. техни организатори са СФБ (ДФБ) и МОН, като в отделни години към тях са се присъединявали и общини от местата, където са провеждани конференциите, а също – различни други институции (според тематиката на конференцията). Финансирането е осигурявано от МОН (като изключим няколко конференции), СФБ, общините, спонсори и от такси на участниците.

Тематиката на ежегодните конференции се определя в резултат от дискусии в Управителния съвет на СФБ и се съгласува с МОН. Както се вижда от приложения списък, тя е посветена на актуални и общи проблеми на образованието по физика в средните училища и в университетите. Обикновено конференциите провеждат пленарни заседания и секционни заседания с две основни насоки: образованието по физика в средните училища и образованието по физика в университетите. От около две десетилетия конференциите включват и младежки сесии с тематика, близка до тематиката на конференцията. Националните организационни комитети на конференциите се стремят да осигурят и демонстрации на атрактивни явления и учебни експерименти. В програмата на конференциите се включват и популярни лекции за по-широк кръг слушатели, една от които е посветена на обекта и носителите на Нобелова награда по физика за предходната година.

Ежегодните конференции по въпроси на образованието по физика съставят важна и полезна част от дейността на СФБ и цялата колегия от физици.

Списанието „Светът на физиката“ публикува информация за конференцията, приетата резолюция, доклади от интерес за физичната колегия и за по-широка аудитория, както и доклади от млади автори, представени на Младежката научна сесия и есета, наградени в рамките на Националния конкурс за есета за ученици и студенти по избрана от УС тема.

№	Година	Град-домакин	ТЕМАТИКА
1	1973	Габрово	Учебното съдържание по физика
2	1974	Балчик	Самостоятелната работа на учащите
3	1975	Смолян	Изграждане на основните понятия във физиката-1
4	1976	Кюстендил	Изграждане на основните понятия във физиката-2
5	1977	Благоевград	Експеримент и теория в обучението по физика
6	1978	Русе	Политехническото обучение по физика
7	1979	Враца	Формиране на мироглед в обучението по физика
8	1980	Хасково	Междупредметни връзки
9	1981	Велико Търново	Учебният експеримент по физика
10	1982	Плевен	Извънкласна и извънаудиторна заетост
11	1983	Варна	Развитие на творческите способности
12	1984	Кърджали	Научно-техническият прогрес и обучението по физика
13	1985	Ямбол	Оптимизация на обучението по физика
14	1986	Правец	Електронна и електронноизчислителна техника
15	1987	Пазарджик	Съвременното развитие на физиката и обучението
16	1988	Перник	Интеграция на обучението с духовната сфера
17	1989	Пловдив	Формиране на научно мислене
18	1990	Бургас	Проблеми на диференциалното обучение
19	1991	Благоевград	Физика и екология
20	1992	София	Цели, стандарти и диагностика

21	1993	София	Образователни технологии в обучението
22	1994	Стара Загора	Да възвърнем интереса към физиката
23	1995	Стара Загора	Актуални проблеми на обучението по физика
24	1996	Габрово	Оптични явления
25	1997	Шумен	Приложни аспекти на физиката
26	1998	Ловеч	Експериментът в обучението по физика
27	1999	Казанлък	Как да преподаваме физика
28	2000	Свищов	Физиката и обучението по физика на границата на две столетия
29	2001	Смолян	Учебните програми по физика в средните и висшите училища
30	2002	Пловдив	Обучението по физика и опазване на околната среда
31	2003	Силистра	Преходът между средното и висшето образование и обучението по физика
32	2004	Благоевград	Интердисциплинарен подход в обучението по физика
33	2005	Варна	Физиката и информационните и комуникационни технологии
34	2006	Ямбол	Физиката в биологията и медицината
35	2007	Плевен	Експериментът в обучението по физика
36	2008	София	Физика и енергетика
37	2009	Русе	Обучението по физика и астрономия в условията на новата образователна структура на средното училище
38	2010	Ловеч	Физика-култура-образование
39	2011	София	Атомната и ядрената физика в образованието

40	2012	Габрово	Съвременни цели на обучението по физика в средните училища и университетите
41	2013	София (секция №1 на Втория национален конгрес по физически науки)	Проблеми и перспективи пред образованието по физика
42	2014	Стара Загора	Световни образователни стандарти, сравнителни измервания и образованието по физика в България
43	2015	Благоевград	Оптика и оптични технологии в образованието
44	2016	Ямбол	Неформалното образование по физика и астрономия
45	2017	София	Експериментът – основа на образованието по физика
46	2018	Плевен	Европейски измервания на българското образование по физика
47	2019	Велико Търново	Интегрален подход в обучението по физика
47	2020	София	Ядрената физика и енергетика в образованието по физика

---

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

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

---

# ПРИЛОЖНА ФИЗИКА И КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ – МОДЕРНАТА СПЕЦИАЛНОСТ

В рамките на кандидатстудентската кампания 2020 Техническият университет – София представя специалността „Приложна физика и компютърно моделиране“.

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



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

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

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

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

Технически университет - София  
Ние успяваме!

Кандидатстудентска  
кампания

2019

Факултет приложна математика и информатика  
Катедра приложна физика

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



## ЗАПЛАХИ ЗА НАШЕТО ОЦЕЛЯВАНЕ ОТ ПРИРОДАТА И МОДЕРНИТЕ ТЕХНОЛОГИИ

Питър Д. Таунсенд, Таня Цветкова

В България, както и в много други развити страни, сме изцяло зависими от редица технологии за осигуряването ни с комуникации, електричество, водоснабдяване, болнична инфраструктура и всякакви други удобства, които асоциираме с понятието развита страна. Никоя нация не изглежда перфектна, като недостатъците и слабостите могат да бъдат добре очертани, но се различават при всеки отделен случай. И все пак обикновено предполагаме, че освен при заплахата от военни или терористични действия, се намираме в сравнително стабилна ситуация, която би могла дори още повече да се подобрява. Много рядко бихме разглеждали възможността за тотален колапс на всички наши удобства при единично катастрофално събитие.

Съществуват, разбира се, много примери за разрушителни природни явления, които са извън нашия контрол. Възможностите включват случайни метеоритни сблъсъци от по-голям мащаб, тъй като съществува постоянен поток от малки метеорити (много тонове от малки техни представители достигат ежедневно Земята). Те имат предимно локален ефект и минават незабелязано, а дори скорошните примери от Челябинск през 2013 г., или по-големият сблъсък в Тунгуската тундра, Сибир, през 1908 г., са предизвикали ограничени разрушителни последици. Изключително редки събития на наистина големи метеоритни сблъсъци са се случвали в миналото, но те са обичайно веднъж на петстотин хиляди години. Свидетелства за такива събития са съществуващи масивни кратери, като този в полуостров Юкатан в Мексико, причинен от метеоритен сблъсък отпреди 65 милиона години, който е предизвикал климатични промени, довели до унищожението на динозаврите. Статистиката за такива екстремни сблъсъци може и да не е пълна, тъй като почти 70% от повърхността на Земята е вода и поради това големи метеоритни сблъсъци може и да не оставят следи във вид на кратери. За нас такива събития са много редки и не от съществено значение, защото дори и да се случат не бихме могли да сторим нищо, тъй като те биха били глобално разрушителни и извън възможностите ни за планиране на предотвратяването им.

### **Земетресения, вулкани и цунами**

Най-напред в списъка на честите драматични природни явления са земетресенията и вулканите, като ежегодно се регистрират няколко стотин значителни такива събития. Някои от тях водят и до появата на цунами. Всички

те биха могли да бъдат изключително разрушителни. Като рекордна загуба на човешки животи може да се посочи примера за смъртта на над един милион души при земетресение в Китай през 1556 г. (тогава тоталното му население е било много по-малко от сега). В близко съседство с България съществува зона на честа земетръсна активност по крайбрежието на северна Турция. Това представлява реална опасност, както за живота, така и за инфраструктурата. Всяко земетръсно явление в тази зона освобождава геологично напрежение, което на свой ред предизвиква по-нататъшно събитие на запад от Северна Турция. Това разпространение на напрежението сега е предсказуемо по отношение на следващо местоположение, но не и по отношение на времето на настъпването му. Все пак, в рамките на относително близкото бъдеще, силни земетресения се очакват в близки големи градове като Измир и Истанбул. Регионално те ще бъдат значителни по отношение на загуби на човешки животи и за икономиката. В допълнение, такива събития в близост до Черно море биха могли да предизвикат цунами, които могат да ударят бреговете на България.

Друг тип чести природни катастрофални явления, вулканичните изригвания, са се случвали в миналото в Средиземноморието. Добре документирано и често цитирано е голямото вулканично изригване, разрушило Санторини и Минойската цивилизация около 1618 г. преди новата ера. Последствията са били не само в района на Средиземноморието, но са документираны също и в Китай, където ефектът от облаците пепел, блокиращи слънчевата светлина, загубите на селскостопански реколти и последващият глад, допринасят за падането на империята Ся. По-малко се знае, че събитието Санторини е относително по-малко значимо в сравнение с по-ранно вулканично изригване близо до Неапол. Няколко вулкана са активни в южна Италия и вулканът Везувий изригва доста често с умерена мощност (най-скорошното изригване е от 1944 г.), въпреки че са се случвали и по-драматични събития, както през 75 г. пр. н. е. Везувий представлява малка част от огромна магмена камера и съществуват кратери от предишни изригвания и сегашна активност в близко съседство, такива като изригването през 1583 г. на вулкана във Флегрейските Полета (преименуван като Монте Нуово). По-впечатляващо е, че и целият Неаполски залив представлява огромен кратер от по-предишна изключително голяма експлозия. Оценки за възможната дата на събитието предполагат, че това се е случило преди около 39 000 години. Доста обезпокоителни съвременни данни показват, че магмената камера е много активна и отново бързо се запълва.

### **Природни явления и съвременните технологии**

Сред тази интересна смесица от природни явления, които имат висок разрушителен потенциал, ние сме прибавили модерни технологии за подобряването и улесняването на начина ни на живот. Правейки това, ние сме при-

бавили също нови измерения, при които природните явления, които биха могли да бъдат само интересни или регионално значими, са придобили нова роля, представляваща глобална заплаха за комуникациите и оцеляването на технологично зависимите региони. Един прост пример е съществуването на огромна глобална комуникационна мрежа от оптични кабели за разпространението на данни. За по-лесното им полагане, много такива връзки са разположени на морското дъно и картите на главните магистрали за пренос на данни показват, че много кабелни връзки се кръстосват в клъстерни възли поради географски причини. Един от тях се намира близо до Суецкия Канал. Поради това всяко катастрофално събитие близо до този възел, било то земетресение, морска катастрофа или тероризъм, биха могли да разрушат този участък от международните комуникационни връзки. Донякъде тази опасност е била предвидена и са направени опити за прокарването на алтернативни кабелни комуникации. „Опити“ е ключова дума, тъй като обемът на предаваната информация се увеличава логаритмично и създаването на нови връзки през други страни означава само, че те действат, но не и че имат допълнителния капацитет да покрият евентуална загуба на главните кабелни връзки.

Интересен факт е, че там където има акули, кабелите на морското дъно трябва да бъдат заровени, тъй като свързаното с кабелите електрично напрежение може да привлече акулите, които са известни с това, че атакуват кабелите. Ако Средиземно море се затопли и приюти акули, то това може да означава повторно полагане и заравяне на много кабели.

Природни явления, като тези от предходните примери, могат да застрашат технологично-зависимите области и да имат временно и евентуални световни последствия, ако разрушат фабрики, които са единствен източник на световно значим продукт (например както това се е случило при земетресение, разрушило японска фабрика в град Кобе, която е бил единственият производител на специфичен тип електронно оборудване). По-малко очевиден пример е, че нашата зависимост от технологиите ни излага на заплахите от редица природни явления, които биха застрашили и разрушили не само България, но и голяма част от Европа, както и потенциално цялата част на Северното полукълбо от Съединените Щати до Китай.

Неподозираният виновник е Слънцето. То представлява огромен термоядрен реактор, който неизбежно се намира в непрекъснато състояние на изригване и повърхностна нестабилност. Дори от Земята могат да бъдат наблюдавани „тъмни“ участъци, наречени слънчеви петна, както и изригвания и изхвърляне на материал по повърхността му или навън от нея. Те са наречени „Изхвърляния на Коронарна Маса“ (ИКМ). Трудно е да си представим асоциираната с тях енергия количествено, тъй като освободената енергия от едно слънчево петно може да бъде от  $10^{20}$  до  $10^{25}$  джаула, което е много по-

вече от всичко, което ни е познато. Забележително е също, че някои от тези места на изригване имат диаметър над десет пъти по-голям от Земята. Изхвърленият материал представлява смесица от електромагнитна радиация, включваща излъчвания от рентгенови лъчи до видима и инфрачервена светлина и радиочестотно излъчване. Те достигат до земната орбита след около осем минути. Също така има и изхвърляне на малко по-бавно движещи се електрони, протони и други частици, които пристигат след около един ден или по-късно. Пикът на свързаните с това магнитни бури се появява около 4 дни след първоначалното събитие.

Заредените частици обикновено се отклоняват около Земята или се фокусират в областите на земните магнитни полюси. Там те предизвикват мощни цветни полярни сияния, както и интензивна електрическа и магнитна активност, която въздейства на работата на електрическите и електронните устройства. Въздействието на явленията на ИКМ не се ограничава само до наземно-базираната електроника, но също така е проблем за всичките ни сателити. Енергията на частиците (и на рентгеновите лъчи) е достатъчно голяма, че да причини не само нарушения на дейността им, но и цялостно разрушение на електрониката. Заключение за съжаление е много ясно – излагането на високо интензивни явления от типа ИКМ може да бъде разрушително както за сателитите, така и за наземно-базираното електрическо оборудване.

За да опитаме да оценим колко сериозна е тази заплаха, може да разгледаме изображения на слънчеви петна и изригвания. Някои изригвания се разпространяват в конуси с ъгъл от около 20 или 30 градуса и тук, на Земята, е вероятно да бъдем засегнати от тяхното съдържимо, но интензитетът им е нисък. Като следствие ние наблюдаваме много чести полярни сияния, а електрическите смущения в атмосферата ни са минимални. За сателитите това все пак е проблем, тъй като повредите в електрониката им ще се натрупват. От друга страна, изригванията с малък ъгъл на конуса и силно фокусирана емисия представляват известно предимство, тъй като Земята е относително малка мишена, така че почти всички такива потоци от енергия ще ни пропуснат и няма да ни улучат. Обаче тези, които наистина ни ударят, ще предизвикат огромни щети. Обичайно, полярните сияния се наблюдават само в полярните ширини (например в Канада, Норвегия, Сибир, Антарктида). През 1859 г. Земята очевидно е била улучена от значително изригване от типа ИКМ и полярното сияние е било наблюдавано далече на юг до Куба. Това явление е било регистрирано от Ричард Карингтон. По това време на Земята току-що е започвало използването на електрически импулсни устройства за телеграфни комуникации. Телеграфните кабели, които са били разположени из територията на Съединените Щати, се проявили като отлични антени за електрическите и магнитните бури и предизвикали високоволтови импулси и пожари в съоръженията.

Оценките от изследванията на слънчевата активност и възможността да попаднем на пътя на мощно слънчево изригване предсказват, че значителни събития от типа Карингтон се случват веднъж на около 150 години. След 1859 г. се наблюдава огромно увеличение на електрическо оборудване навсякъде в комуникациите – кабелите с високо напрежение, електрическите мрежи и разбира се всички наши електрически уреди и сателити. Засега все още не е наблюдавано повторение на полярното сияние от 1859 г., но някои малки увеличения на северното сияние са били съпътствани от предизвикване на пожари в електростанциите, волтови дъги и срыв на електрическата мрежа, както и от интензивни електрически смущения. Явлението от 1859 г. не представлява нищо необичайно, така че би трябвало да направим оценка как повторението му (или появата на по-силно такова) ще повлияе на сателитите и на наземно-базираното електрическо оборудване.

### Слънчевите изригвания и сателитите

Слънчевите изригвания ще бомбардират непрекъснато електрониката на сателитите и постепенно ще влошават работата им, така че те евентуално ще се повредят. Откази на електрониката по други причини също се случват, така че само около 1500 от пуснатите досега над 5700 сателита все още функционират. На този етап пускането на заместващи нови сателити може да компенсира донякъде отпадналите поради повреда. Все пак, в случай на явление от типа Карингтон (или по-силно), голям брой сателити не само ще бъдат изключени по време на изригването (което може да позволи на някои от тях да оцелеят), но и ще се окажат трайно повредени. Липсата на сателитни комуникации би било изключително опасно в рамките на няколко дни (т.е. липса на комуникации не само от телефони и телевизия, но също и банкови и всички други аспекти на модерните комуникации). По време на събитието може да се очаква силно увеличение на самолетни катастрофи, тъй като навигационните системи ще бъдат повредени и контактите за приземяване между самолетите и летищата ще бъдат сериозно нарушени или несъществуващи. По-слабо изразени такива събития вече са се случвали при предишни по-слаби ИКМ явления, които са нарушили обслужването на борда на самолетите и навигацията им. При лоши атмосферни условия визуалният контакт не съществува, така че в Северното полукълбо, където се провеждат около 50 000 полета по разписание всеки ден (плюс още частни и военни такива), ще бъдат предизвикани хаос и катастрофи при приземяванията.

Окончателната загуба на сателити би била катастрофална, тъй като функционирането на всички по-напреднали нации зависи от тези връзки – от военната област до супермаркетите и разпространението на стоки.

Друг проблем, свързан със сателитите е и това, че освен тези функциониращи около хиляда сателита, са се случвали сблъсъци, над около 300 разрушения и нарочни унищожения, които са генерирали около 27 000 големи

фрагменти с размери над  $\sim 10$  cm, плюс 166 милиона по-малки парчета, които са били засечени. Размерите им може да са малки, но при типични нискоорбитни скорости от около 5 km в секунда (!), те притежават голяма кинетична енергия. За справка, мобилен телефон с тази скорост има по-силна разрушителна мощност от модерен военен снаряд. Съвременните идеи за това, как да бъдат събирани и отстранявани отломките не са намерили решение на проблема. Притеснителни са и планове да се създаде по-добро G5 ниво на покритие на телефоните с изстрелването на нови 18 000 малки сателити. Разрушаването на сателитите и тяхното отпадане като полезен инструмент в рамките на следващите 10 до 20 години е предсказано от Кесел. Голямо ИКМ явление само би съкратило значително това време.

### **Електрическите мрежи и слънчевите изригвания**

Явлението Карингтон демонстрира, как простиращи се на голямо разстояние телеграфни кабели могат да играят ролята на антени и да извличат енергия от смущенията, генерирани от полярните сияния. С развитието на електрическите централи и разпределението на енергията чрез електрически мрежи, идентични проблеми се появяват дори при по-слаби слънчеви изригвания. Съществуват примери за пожари и повреди в електростанции, достигащи на юг до Ню Йорк, както и в по-северни дестинации в Канада и Скандинавието. Опасността това да се случи в по-драматични размери се засилва, тъй като с цел по-ниски загуби, електрическата енергия се разпространява с много висок волтаж върху високи стълбове, а след това се трансформира в по-нисък волтаж за потреблението чрез подстанции със скъпо оборудване. По отношение дължината на кабелите (антените), някои разпределителни мрежи се простират на разстояние над 5000 km. Така се получават изключително ефикасни антени за улавяне на сигнали от полярните сияния. Високата цена на преобразувателите на енергия означава, че ако бъдат разрушени при единично събитие, едва ли ще има достатъчно запаси за замяна. Тъй като досега не е имало повторение на полярното сияние от величината на това от 1859 г., съществува заблудата, че нищо изключително не би могло някога да се случи. Разрушаването на електрическата мрежа ще засегне всички свързани страни (например в цяла Европа, а също и в Съединените Щати/Канада, Русия и др.). Заключениета от оценката на последствията от продължителна пълна загуба на електрическа енергия са ужасяващи. Очевидно непосредствените ефекти ще са липса на електричество по домовете, спиране на ескалаторите, осветлението и отоплението; градове без транспорт, улични световари, вода, канализация и газово снабдяване; липса на продоволствие и снабдяване със стоки и т.н. Някои места с аварийни запаси на електричество (например болниците) често имат системи, които да се справят с липсата му за около един ден, но не и за по-продължителни периоди.

Едно правителствено изследване на Съединените Щати заключава, че ако въздействието на такова събитие се разпространи в областите северно от Ню Йорк (т.е. в ширините на южна България и Пекин), те вероятно ще успеят да възстановят електрическата мрежа в рамките от три месеца до две години. Причина за позитивната нагласа е, че много южни региони на Съединените Щати ще успеят да произведат резервни компоненти за мрежата. За Европа положението ще е по-лошо, защото няма да има незасегнати индустриални региони. По наше мнение правителствената оценка на Щатите е изцяло нереалистична, изхождайки от съвременния отклик на природни катастрофални събития. През 2017 г. имаше избухване на вулкан, който разруши част от Карибите и доведе до острови без електричество и големи разрушения на инфраструктурата. Дори и две години по-късно електричеството не е напълно възстановено, въпреки че не е имало пречки за реконструкциите. Тази ситуация означава или лоша организация и липса на умения, или тотален провал при оценяване размера на пораженията. Разрушенията от вулкана са засегнали много по-малко хора, отколкото би се случило при свързана с полярното сияние загуба на електричество в континенталните Съединени Щати. Също така, броят на смъртните случаи в Карибите не е значителен и е тривиален в сравнение с този, който би бил в резултат на загубата на електрическата мрежа в Северните американски щати. Ако явление от типа ИКМ се случи през зимата, броят на смъртните случаи поради липсата на отопление би бил изключително висок.

Оценяването на броя на смъртните случаи може да варира в зависимост от сезона на случващото се събитие, но дори оптимистичната оценка показва, че в страни с висок брой градско население и население в метрополиси максимумът на оцелелите би бил около 20%. Това е много по-зле от ефекта на чумната епидемия, тъй като през 14 век Европа е била предимно самозадоволяваща се селскостопанска общност с много малко градове, снабдявани ежедневно от околната провинция. Това, че България се намира на северна ширина от около 40 градуса, както и в случая на изследването на Щатите, означава, че тя би преживяла по-добре събития от типа Карингтон, отколкото страните в северна Европа. Но все пак съществува и допълнителното съображение, че няма причина 40 градуса северна ширина да е крайната граница за загуба на електрическо напрежение. Събитието от 1859 г. предизвиква видимо полярно сияние на юг в Куба и това означава, че свързаните ефекти могат да се разпространят много по-далече на юг.

### **Бъдещето след значително ИКМ събитие**

По отношение на планетата ще има значителни поражения, но това няма да е краят на човечеството. По-южните нации в Африка, Южна Азия, Южна Америка, Нова Зеландия и Австралия ще бъдат значително по-слабо засегнати. Най-вече защото те са доста далече от Северния полюс. По-ранни значи-

телни бедствия, като чумата през 1346 г. и 1353 г., убиват около една трета от европейското население, а последствията от Първата световна война и последвалата я грипна епидемия са от същия мащаб. И в двата случая Европа оцелява, макар и силно променена.

Една значителна разлика в последствията е, че много от по-бедните страни са също и по-селскостопански ориентирани и тяхното земеделие ще оцелее. Всъщност електрическото им снабдяване може и да не бъде силно засегнато. Все пак може и да имат проблеми, свързани с търговията със северните страни. Трябва също да се оцени и превръщането в пустинни на редица области в резултат на климатичните промени. Случващото се може и да се ускорява, но със сигурност не е нов проблем, тъй като само преди около 5000 години пустинята Сахара е била плодородна савана. Натискът от климатичните промени и намалялото население на Европа подсказват ясната възможност за масови миграции и нахлувания в незаселените разрушени северни области, което ще промени характера на тези страни.

### Бъдещи действия

Представените тук данни са широко достъпни в интернет и официални документи и са обсъждани от много хора. Още примери за въздействието на технологиите върху нашето оцеляване са разгледани в книгата „Тъмната страна на технологиите“. Много групи анализатори са разглеждали тези и други примери за екзистенциални заплахи. Например, докато чумата се е разпространявала по земята през Европа и Близкия Изток със скорост от около 2 km/ден, всеки модерен еквивалент на подобно събитие би могло да пропътува през целия свят чрез самолети в рамките само на един ден. Технологиите със сигурност представляват нож с двойно острие.

Изобилието на достъпна информация по темата означава, че подобно изследване лесно може да бъде направено и от интелигентни компютърно грамотни деца. Ето защо изглежда обезпокоително, че то не е тема, която привлича вниманието на политическите лидери и често се осмива от индустриите, които не виждат нуждата от спешно планиране за противодействие на евентуална загуба на сателити или електрическо напрежение. Напротив, в случая на сателитите, целта е да се изстрелват все повече такива, поради непосредствената финансова печалба от пускането им.

### Литература

Peter Townsend, *The Dark Side of Technology*, Oxford University Press, 2018, ISBN 978-0-19-882629-3.



## THREATS TO OUR SURVIVAL FROM NATURE AND ADVANCED TECHNOLOGY

P. D. Townsend, T. Tsvetkova

Our survival has natural dangers from rare meteor impacts, to earthquakes, volcanoes and weather. They are often locally disastrous but rarely threaten entire countries. Technological threats include advances in powerful weapons of war, and rapid dispersion of plagues and diseases. It also adds an unexpected danger from sun spot emissions that can destroy our satellite communications and electrical power grids, on a scale that would annihilate populations in advanced societies, such as Europe. The solar emissions produce beautiful Aurora, but the article indicates how this same energy could easily destroy us.

---

### СЪОБЩЕНИЕ

#### 48-МА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

на тема:

**„Ядрената физика и енергетика в образованието по физика“**  
*11 – 14 април 2020 г., София*

Младежка научна сесия за ученици и студенти на тема:

**„Физиката в живота и в света около нас“**

Национален конкурс за есета за ученици и студенти на тема:

**„Бележити български физици“**

<http://upb.phys.uni-sofia.bg/conference/NK/48NK.html>

---

## СЛЕД ЗАВРЪЩАНЕТО НА БЪЛГАРСКАТА ДЕЛЕГАЦИЯ ОТ 11-тия МЕЖДУНАРОДЕН ФЕСТИВАЛ „НАУКА НА СЦЕНАТА“ В ПОРТУГАЛИЯ

Радка Костадинова

**Абстракт:** След участието на българската делегация в 11-тия Международен фестивал „Наука на сцената“ в Португалия с удовлетворение споделяме резултатите от нашето представяне, впечатленията на участниците от фестивала и споделения опит с 450 учители по природни науки. Надяваме се да заинтересуваме и вдъхновим българските *STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)* учители от всички степени на образованието, за да се включат в националните и международни събития, организирани от програмата „Наука на сцената“.

От 31 октомври до 3 ноември 2019 г. в Кашкайш, Португалия, си дадохме среща, *STEM* науките, дигитализацията и високите технологии чрез учителите от Европа, заедно с колеги и от други континенти. Изпратени от Националните комисии на страните си, тези преподаватели участваха със своите разработки, представяха проектите си, методи и идеи за реализиране и ги обменяха, комуникирайки помежду си. Всичко това се реализира на 11-тия Европейски фестивал „Наука на сцената – 2019“, на който домакин беше Португалия в сътрудничество с Европейската програма „Наука на сцената“.

Във фестивала взеха участие около 450 учители не само от Европа, но и от Канада, страни от Северна и Южна Африка, Беларус, Украйна, Казахстан, Китай – общо 36 страни от света! Всеки участваше с мисията да сподели състоянието на образованието в страната си, да се запознае с проектите на другите страни, да получи максимални впечатления и знания в обмена на информация.

България участва с 9 учители, определени от журито на Националния фестивал „Наука на сцената 7“ ([http://sons-bg.org/\\_SOS\\_7/index.html](http://sons-bg.org/_SOS_7/index.html)) в гр. Севлиево. В конкуренция с 49 проекта от цялата страна бяха класирани и представени на Международния фестивал следните проекти:

1. „Експерименти за всички – бюджетна установка за лабораторен експеримент“ на **Наско Стаменов** от **НПМГ, София**. Вероятно всеки ученик ще заобича химията, когато ентусиазиран, компетентен и млад учител като Наско Стаменов го обучава. А Наско въвежда в тази интересна и сложна наука учениците от 5 до 11 год. На Фестивала в Кашкайш Наско, изявявайки се като изключително успешен преподавател, по време на своята работилни-

ца (*Workshop*), показа евтин, но ефективен начин учениците във всяко училище да правят научни опити в час. Неговите идеи, модулите за експерименти, които създава, събираха постоянно посетители. Напълно заслужено е, че Наско бе избран като един от 30-те проекта да представи своята работилница на фестивала.

2. В последните години много се дискутира в каква възраст децата трябва да се докоснат до науката. **Светлана Христова** от ДГ „Радост“, Севлиево, успява да омае своите възпитаници още в детската градина. Темата на проекта, който представи е „**Рециклирай, играй, опознавай или алтернатива на скъпите играчки**“. На щанда си Светлана представи 13 игри и играчки, изработени от подръчни и отпадъчни материали от бита. Чрез тези игри децата опознават свойствата на материалите, магнитите, движението на телата, приложението на светлината и сянката и др. Светлана доказва отново, че дори у деца под 7 години може да се събуди интерес към математиката, физиката, химията, екологията и изобщо към науката.

3. **Никола Каравасилев** е познат на физическата и астрономическата общност в страната като млад и изключително талантлив учен астроном, физик и учител. Той е човекът, който подготвя участниците от Националните отбори по астрофизика и астрономия за изявиите им на международни олимпиади. Неговите ученици от ПЧМГ, София, в последните години са неизменно на първи места на Национални олимпиади и състезания. В Кашкайш Никола представи проекта „**Течен свят**“. На щанда той показва различни експерименти, свързани с течности. Тези експерименти могат лесно да бъдат показани в час, защото необходимите за тях материали са сравнително евтини и се намират лесно. За посетителите на неговия щанд беше интересно да видят светеща течност от вода, жълт маркер и ултравиолетово фенерче, „кула“ от цветни течности – захарни разтвори, оцветени с багрило за храна с различна концентрация, които не се смесват, ако се наливат внимателно в епруветка. На щанда Никола демонстрира домашен ферофлуид – от смесени железни стърготини, олио и мастило за принтер на прах. „Вулканът“ на Никола сякаш вреше от две несмесващи се течности – оцветена вода и олио върху нея, налети в дълбок цилиндър, изригващи с помощта на разтворимо хапче.

4. „**Планетариум в класната стая**“ на **Иво Джокин**, ръководител на **ОЦИДЗИ (Общински център за извънучилищни дейности и занимания по интереси), с. Байкал, Плевен**, е проект, който интегрира природните науки физика и астрономия, екология и изкуства с информационно-комуникационни технологии. Предназначен е за ученици от всички възрастови групи и деца от детски градини. По интересен и забавен начин учениците се запознават със съзвездията и как да намират Полярната звезда, а от там – и посоката север с помощта на мобилен телефон и сламка, да извършват реални научни експерименти и наблюдения с таблет или смартфон и данните да се съ-

поставят с истински такива на сателити на орбита около Земята – програмата *GLOBE* на *NASA*. Също така, с помощта на мобилни приложения децата могат да научат повече за видовете птици и техните песни, като използват добавена реалност (*Augmented Reality*), да си направят модели на светещи съзвездия.

5. Целта на проекта „Евтина наука или истинската физика“ на **Антония Петрова**, учител в ПИМГ „Гео Милев“, **Стара Загора**, е да докаже че физиката не е магия или не е само формули и задачи, а на практика – всичко онова, което ни заобикаля. Проектът е всъщност демонстрация по най-забавен и достъпен начин на 12 класически експерименти или физични явления от учебния материал по физика. Например как всеки сам, с подръчни материали, може да си направи балансираща играчка, най-прост електроскоп или електромоторче само с батерия, магнит и жица. Голям интерес сред участниците предизвика картезианския гмуркач и една елементарна електроиграчка. Със своя проект Антония се опитва да върне интереса към физиката, да провокира въпроси у участниците в експериментите и да обясни видяното. Така тя приобщава наблюдателите като част от експеримента, след което провокира мисленето им.

6. „Народна астрономия и метеорология“ на **Радка Костадинова** е един изследователски проект, предназначен за ученици от горен курс. Този проект се реализира в рамките на една учебна година от участниците в школата по астрономия и метеорология в СУ „**Иван Вазов**“, **Вършец**. След проучване на литературата и след разговори с по-възрастните поколения за народните поверия за времето, учениците отсяват тези, свързани с астрономическите обекти. Достоверността на поверията се доказва след продължителни ежедневни наблюдения на положенията на Слънцето – изгреви и залези, фази на Луната, положения на звезди, звездни купове (Плеядите). Учениците систематизират информацията и след обработката се оказва, че натрупаният от поколения опит за предсказване на времето е почти достоверен – в рамките на 60 – 70%. Но установяват и топлинни рекорди, разлика между данните от метеорологичната станция в двора на училището, придобита по проект към Фондация „Работилница за граждански инициативи“ и SAP България (немска компания, най-големият доставчик в Европа на софтуерно осигуряване), и данните от мобилните приложения. Всичко това учениците са представили в своя сайт: <https://naste75.wixsite.com/mythsforweather1>.

7. „Природна аптека“ на **Румянка Галчавова** от СУ „**Васил Левски**“, **с. Главиница**, Силистренско, бе представена в категория „Приобщаваща наука“ на еврофестивала. Тази добра педагогическа практика е приложима в ежедневието към знанията и уменията по природни науки; евтина и достъпна – използваните материали са вода, захар, олио, медицински етилов алкохол, билки, амбалаж за втора употреба и др.; универсална, защото всеки нау-

чава или си припомня по нещо. Етапите за осъществяване са: проучване, експериментирание и прилагане на различни природни лекове, като инхалации, компреси, спиртни и маслени извлеци. През това време учениците общуват с различни групи хора, обогатяват разговорния и терминологичен речник, преосмислят свободното си време, опознават биоразнообразието на родния край, създават продукти с различен характер и обхват – училищна природна аптека; билкови продукти; дипляни; папка с рецепти; тетрадка, в която всеки един ученик индивидуално оформя и продължава да събира информация. Всички тези продукти се демонстрираха на щанда на Румяна в Кашкайш.

8. Проектът „Празник на пеперуди“ на **Василка Кръстева** от **Пето ОУ „Христо Ботев“**, **Кюстендил**, по привлекателен и забавен начин запознава децата с видовете пеперуди, обитаващи защитените територии около града им Кюстендил, като включва елементи от биологията и екологията. Екипът от ученици, работещи по проекта, използвайки различни източници на информация, изучава видовете пеперуди, наблюдавани в района на Полско-Скакавишкия водопад. От стара използвана хартия те създават пъзели, чрез които обучават своите съученици чрез организиране на състезания или в клас. Учениците проектират и произвеждат от използвани пластмасови торбички 50 карнавални костюми на пеперуди, които представят на организиран от тях празник на пеперудите в избраната местност. При тези занимания учениците се запознават и изследват цикъла на развитие на пеперудите и тяхното значение за екологията.

За първи път тази година, по решение и със съдействието на Европейския организационен комитет (ЕОК), България представи на Фестивала в Кашкайш съвместен проект на **Даниела Георгиева** от **5-то ОУ „Христо Ботев“**, **Кюстендил**, и **Хозе Луис Олмо-Рискес** от гимназия „АЗУЕР“, гр. **Манзанарес, Испания**, на тема „Подходящи и качествени храни и храна за космонавти“. Даниела е деветият член на нашата делегация. Проектът има за цел да запознае учениците с понятията подходящи и качествени храни и с достъпни методи за определяне на техните свойства и качества. Те изучават и специфичните изисквания към храната на космонавтите. След това избират някои от традиционните за Испания и България национални ястия, които отговарят на тези условия. В рамките на проекта децата изучават методите на подготовка за съхранение и опаковане на хранителни продукти за астронавти, болници, войници, за зимнина и др. „Храна за астронавти“ провокира интереса и желанието на учениците да търсят нови технологични методи за обработка и съхранение. Проектът дава възможност за съпоставяне на стари традиционни методи със съвременни технологични разработки. Освен на щанд, проектът беше представен на фестивала и с много атрактивно видео, описващо съвместната дейност на двата авторски екипа.

В рамките на 3 дни всеки преподавател представи на щанд своя проект, запознавайки любознателните колеги и посетители на фестивала с работата си чрез постери, експериментални установки, демонстрационни експерименти, брошури, видеоматериали. Едновременно с това можахме да се запознаем с проектите на другите участници чрез разглеждане на техните щандове и чрез участие в работилници, както и в пленарни лекции и демонстрации.

Всеки трупаше впечатления, контакти, знания и умения. Организаторите също се грижеха да стимулират контактите с подходящи игри – бинго със събиране на подписи на участници, отговарящи на определени критерии. За наша радост Антония Петрова и д-р Лилия Атанасова – ръководител на българската делегация, успяха да попълнят своето бинго и получиха книги от организаторите.

### Какви са впечатленията на участниците от фестивала?

Заредихме се с емоции и информация от преживяванията, запознанства с много учители от всички части на Европа и света, общи интереси, любов към науката и желание за работа със споделени проекти в бъдеще. Всяка обмяна на опит, идеи и иновации е изключително ценна.

Натрупахме професионални знания за усъвършенстване на нашата работа чрез използване на ресурси, с които се запознахме по време на фестивала. Това са *Nuclio* (<https://nuclio.io/#!/about>), *Google Earth Engine* (<https://earth-engine.google.com/>), образователната платформа на *Airbus* (<https://www.airbus.com/company/responsibility-sustainability/education-diversity-and-inclusion.html>) и *GO-Lab* (<https://www.golabz.eu/>). Всички те предоставят възможности за допълнително, качествено и интересно обучение на учениците. За съжаление имахме ограничение в посещението на работилниците. Не повече от две на ден. Затова преди и след записването за участие обменяхме информация, за да споделим след това наученото. За Никола Каравасилев изключително интересно събитие по време на фестивала е работилницата на проекта *FRONTIERS*, (<https://nuclio.org/projeto/frontiers/>), който бе представен от хора, работещи в института *Nuclio*. Това е огромна платформа, в която се публикуват материали, подходящи за часовете по физика на ученици от горните гимназиални класове. Там се засягат най-модерните клонове на физиката и открития, които са направени в последните няколко години. Това е изключително полезен ресурс, защото на практика е единствен по рода си.

За всички ни беше изключително интересно да се срещнем със д-р Гернот Грьомер (*Gernot Grömer*) – австрийски аналогов космонавт, от австрийския Космически форум, който ни разказа за симулация на мисия до Марс в пустинята в Оман и какви са предизвикателствата от тази мисия.

Българските учители се представиха достойно и предизвикаха интерес със своите разработки. За съжаление сред нас липсваше представянето на компютъризиран експеримент, а почти всички представители от Европа де-

монстрират такива експерименти при образованието по природни науки в горен курс. Разбираем е този дефицит: липса на средства за хардуер и за осъществяване на компютъризирани лаборатории по физика и вероятно липса на умения за създаване на софтуер от ученици и колеги физици. Помня, че преди години доц. Велинов искаше да инициира дискусия за въвеждане на работа с „Ардуино“ в българските училища. За съжаление дискусията не се състоя...

С тъга разглеждах опитите на Холандия за повърхностно напрежение, опитите по механика на различни държави, за които в българското училище остана само спомен...

Отново ще спомена изключителното впечатление, което направиха на всички нас образователните платформи, с които се запознахме в работилниците. От тях могат да се черпят ресурси за уроците, да се осъществяват виртуални експерименти, може да се комуникира с колеги от Европа. Тези платформи, за разлика от наличните у нас, не ограничават свободата на действие на учителя, а напротив – предоставят избор и свобода. Ще бъде чудесно, ако от Съюза на физиците в България поканят разработчиците на *Nuclio*, както и *GO-lab*, за да достигнат тези платформи чрез обучения до българските учители, желаещи да работят с тях.

И накрая, но не на последно място, всички участници сме благодарни за изключителните усилия на професор Ана Георгиева за осъществяването на тази чудесна възможност – участието ни във Фестивала! Благодарности и към ръководителя на нашата делегация – д-р Лилия Атанасова, която беше неотлъчно с нас, помагаше, насочваше и ръководеше. Благодарности и на спонсора д-р Костадин Янев, дарил средствата за участието ни във фестивала!

## AFTER THE RETURN OF THE BULGARIAN DELEGATION TO THE 11<sup>TH</sup> INTERNATIONAL FESTIVAL „SCIENCE ON STAGE“ IN PORTUGAL

**Radka Kostadinova**

After the participation of the Bulgarian delegation in the **11<sup>th</sup> international festival „Science on Stage“** in Portugal we are glad to share the results of our presentation there and the impressions of our delegates from the event, as well as the exchanged experience with 450 science teachers from Europe and all over the world. We hope to make interested and enthusiastic Bulgarian STEM teachers from all degrees of education in getting involved in the national and international events of the program „Science on Stage“.

## ЗАЩО ЛЕДЪТ Е ХЛЪЗГАВ?

Смяташе се, че се знае защо ледът е хлъзгав, но нови изследвания поднесоха изненади. Отговорът се крие в слоя вода, който се образува поради триене – слой, който е много по-тънък от очакваното и много по-вискозен от обичайната вода.



„Хлъзгавият“ характер на леда обикновено се приписва на образуването на тънък слой течна вода, генерирана от триене, което например позволява на скейтър да „сърфира“ върху този течен филм. Свойствата на този тънък слой вода никога не са били измервани: дебелината му остава до голяма степен неизвестна, докато неговите свойства, а дори и самото му

съществуване, са обект на дискусия. Нещо повече, тъй като течната вода е слаба смазка, как този течен слой може да намали триенето и да направи леда хлъзгав?



За да разрешат този парадокс, изследователи от *Laboratoire de physique de l'ENS (CNRS/ENS-PSL/Sorbonne Université/Université de Paris)*, в сътрудничество с екип от *Laboratoire d'hydrodynamique (LadHyX, CNRS/École polytechnique)*, разработват устройство, оборудвано с камертон – подобен на използвания в музиката, който може да „чуе“ силите,

които действат при плъзгане по леда със забележителна точност. Въпреки размерите на инструмента, който е около няколко сантиметра, той е достатъчно чувствителен за изследване на леда и за анализиране на свойствата на триенето в нанометричен мащаб.

Благодарение на уникалното устройство, учените успяват за първи път ясно да демонстрират, че триенето наистина генерира слой от течна вода. Този слой обаче показва редица изненади: дебелината му е няколко стотин нанометра до микрон или една стотна от дебелината на косъм от коса. Така той се оказва много по-тънък, отколкото се предполага от теоретичните оценки. Още по-неочаквано този слой изобщо не е „проста вода“, а се състои от вода, която е вискозна колкото масло, със сложни високоеластични свойства. Това неочаквано поведение предполага, че повърхностният лед не се трансформира напълно в течна вода, а вместо това се намира в смесено състояние, по-



добно на „снежни конуси“ – смес от ледена вода и натрошен лед. Следователно мистерията на плъзгането по лед може се крие във „вискозния“ характер на този воден слой.

Тези резултати показват, че е необходимо задълбочено преразглеждане на теоретичните описания, които са предложени за обяснение на триенето върху лед. Необичайните свойства на топящия се воден слой са ключов фактор, който не е отчитан досега. Това ще помогне за по-доброто разбиране на явлението плъзгане по лед, например при зимни спортове, а също така ще предложи иновативни решения за увеличаване на триенето, за да се избегне хлъзгане по заледени пътища.

### Литература

- L. Canale, J. Comtet, A. Niguès, C. Cohen, C. Clanet, A. Siria and L. Bocquet, „Nanorheology of Interfacial Water during Ice Gliding“, *Physical Review X*, 9, **041025** (2019). DOI: 10.1103/PhysRevX.9.041025

Подбор и превод **Сашка Александрова**

## WHY IS ICE SO SLIPPERY?

Researchers from the CNRS and ENS-PSL, Sorbonne Université, Université de Paris – with support by CNRS, École polytechnique – have found that the reason is a film of water. It is generated by friction and is much thinner than expected and much more viscous than usual water. It resembles the “snow cones” of crushed ice. This can have practical implications in winter sports for example, and will also help propose innovative solutions for increasing friction in order to avoid skidding on icy roads.

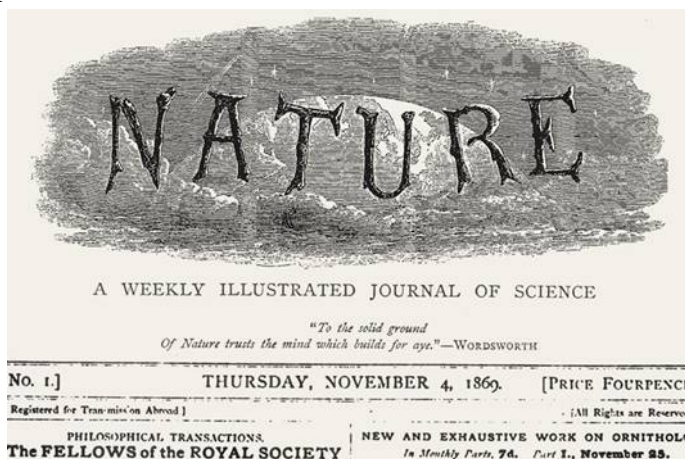
Selection and translation **Sashka Alexandrova**

## СПИСАНИЕ *NATURE* ЧЕСТВА 150 ГОДИНИ

На 4 ноември 1869 г. излиза първият брой на списание *Nature* [1]. Целта е да съобщава новините за най-новите открития и изобретения както на учените, така и на обществеността. Това е амбициозно начинание, което изисква интелектуална смелост и е свързано комерсиален риск. Понастоящем, след 150-годишна история *Nature* е мултидисциплинарно научно списание, едно от най-високо ценените научни издания в света.

Въпреки че списанието е замислено за широка аудитория, учените скоро го оценяват, защото им позволява бързо да съобщят своите открития. Седмичният график на *Nature* предлага по-бързо публикуване в сравнение с дългите процедури на научните списания. С разрастването на университетите все повече „писма до редактора“ от учени започват да пристигат в офисите на *Nature* в Лондон. Списанието се превръща в място за публикуване на открития, неговите автори също стават и негови читатели, и така служи на учените и на обществото.

Въпреки че учените, занимаващи се с научни изследвания, са основната аудитория за списанието, резюметата и придружаващите статии имат за цел да направят много от най-важните статии разбираеми за учените в други области и за образованата общественост.



Основателите едва ли са предполагали, че след 150 години *Nature* ще публикува повече от 850 научни труда и 3000 статии с новини, мнения и анализи и ще достига до около 4 милиона читатели онлайн всеки месец. Век и половина е достатъчно дълъг период, в който *Nature* представя панорама за развитието на разбиранията ни за природния свят и как те се променят с всяка порция нови доказателства.

*Nature* също публикува някои от забележителните открития, които се появяват във физиката в началото на ХХ в. Те включват предположението на Джеймс Чадуик през 1932 г. [2] за съществуването на нова частица – неутрон, в допълнение към електрона и протона. Днес са открити още много фундаментални частици като следствие на стандартния модел на физиката на елементарните частици. На страниците на списанието се появиха и някои от най-ранните открития на екзопланети, включително първото съобщение през 1995 г. [3] за екзопланета на орбита около слънцеподобна звезда в друга галактика, за която Мишел Майор и Дидие Кело спечелиха част от Нобеловата награда по физика за 2019 г.

Може би най-запомнящите се публикации на *Nature* са докладите през април 1953 г. относно структурата на ДНК – включително статиите на Морис Уилкинс [4] и на Розалинд Франклин [5], както и на Франсис Крик и Джеймс Уотсън [6]. Откритието, че ДНК е двойна спирала, промени биологията завинаги. Четиридесет години по-късно *Nature* публикува първата скица на последователността на човешкия геном, получена от Международния консорциум за секвениране на човешки геном [7]. Без колективното постижение на изследователите днес медицината, селското стопанство, опазването на околната среда и наказателното правосъдие биха изглеждали много по-различно.

Поглеждайки назад, е имало времена, когато *Nature* не е спазвало стандартите, към които се придържа днес. Редакцията със съжаление отбелязва: „Трябваше да се обадим, когато Джоселин Бел Бърнел беше пренебрегната за Нобеловата награда по физика за работата си в откриването на пулсарите [8]“. И не би трябвало чак през 2007 г. да заменим израза „учени-мъже“ с „учени“ в декларацията си за мисията на списанието“.

### Поглед в бъдещето

Тъй като границите между отделните дисциплини се размиват и научните изследвания стават все по-мулти- и трансдисциплинарни, *Nature* преминава отвъд традиционния фокус върху природните науки, за да обхване социалните науки, клиничните изследвания, приложните науки и инженерството. Очаква се по-голяма прозрачност и откритост в академичните среди. Вероятно ще се намерят още нови начини за съвместни изследвания и промени в начина на публикуване.

**10 от най-влиятелните статии, публикувани в *Nature*, за всички времена**

Трудно е да се определят най-значимите статии за в 150-годишната история на списанието. Редакторите на *News & Views* са избрали следните публикации.

## 1. Откриване на странна частица

През 1947 г. учените откриват неизвестна дотогава частица, която сега се нарича неутрален каон. Тази работа води до откриването на елементарни частици, известни сега като кварки, и в крайна сметка – до създаването на стандартния модел на физиката на елементарните частици.

## 2. Поява и възход на моноклоналните антители

Статия в *Nature* от 1975 г. съобщава как могат да бъдат направени клетъчни линии, които произвеждат антитела с определена специфичност. Това откритие доведе до голям напредък в биологичното разбиране и клинични успехи в лечението на автоимунните заболявания и рака.

## 3. Как австралопитекът промени представа за човешката еволюция

През 1925 г. статия в *Nature* съобщава за вкаменелост, открита в Африка, от неизвестен досега род, наречен Австралопитек. Тази находка революционизира идеите за ранната човешка еволюция, след като човешките предци и маймуните са се разделили в еволюционното дърво.

## 4. Нанореволюцията, родена от въглерода

През 1985 г. учени съобщават за откриването на подобна на клетка въглеродна молекула C<sub>60</sub>. Откритието проправи пътя за материали като графенови и въглеродни нанотръбички и бе знаменателна за появата на нанотехнологиите.

## 5. Откриването на озоновата дупка над Антарктида

Неочакваното откриване на дупка в атмосферния озонен слой над Антарктида предизвика революция в науката и спомогна за създаването на една от най-успешните глобални политики в областта на околната среда на XX в.

## 6. Авангарден метод, от жизненоважно значение за невронауката

Първоначално разработена за записване на йонни токове, протичащи през белтъчни канали в мембраните на клетките, „*patch-clamp*“ техниката се е превърнала в основен инструментариум на невронауката.

## 7. Откриване на нов клас наноматериали

Преди близо 30 години се съобщава за прост химичен принцип, който позволява синтеза на множество порести материали, някои от които могат да доведат до приложения, вариращи от биомедицина до петрохимична обработка.

## 8. Препрограмирана идентичност на клетката

Откритието, че процесът на клетъчна диференциация може да бъде обърнат, предизвиква теории за определянето на клетъчната идентичност, поставяйки основите на съвременните методи за препрограмиране на клетъчната идентичност, обещаващи нови регенеративни терапии.

## 9. Структурата на ДНК

В началото на 50-те години на ХХ в. идентичността на генетичния материал все още е въпрос на дискусия. Откриването на спиралната структура на двуверижната ДНК дава отговор на въпроса и променя биологията завинаги.

## 10. Откриване на първата екзопланета, обикаляща около звезда, подобна на Слънцето

През 1995 г. астрономите откриват планета с масата на Юпитер, която обикаля по орбита, по-близка до горещата ѝ звезда, отколкото Меркурий до Слънцето. Това откритие промени нашето мислене за това, как се формират планетите и доведе до нова ера на екзопланетарните изследвания.

### Литература

1. *Nature* **575**, 7-8 (2019)
2. D. Chadwick, *Nature* **129**, 312 (1932)
3. M. Mayor, D. Queloz, *Nature* **378**, 355–359 (1995)
4. M. H. F. Wilkins, A. R. Stokes, H. R. Wilson, *Nature* **171**, 738–740 (1953)
5. R. E. Franklin, R. G. Gosling, *Nature* **171**, 740–741 (1953)
6. J. D. Watson, F. H. C. Crick, *Nature* **171**, 737–738 (1953)
7. International Human Genome Sequencing Consortium, *Nature* **409**, 860–921 (2001)
8. A. Hewish, S. J. Bell, J. D. H Pilkington, P. F. Scott, R. A. Collins, *Nature* **217**, 709–713 (1968)

Подбор и превод: Сашка Александрова

## CELEBRATING 150 YEARS OF NATURE

The first issue of *Nature*, the world's most prestigious scientific journal, was published in London 150 years ago, on the 4th of November 1869. The journal was aimed at a broad audience, but *Nature*'s weekly schedule offered scientists opportunity to quickly communicate their original findings. Now, 150 years later, *Nature* is publishing more than 850 research papers and 3,000 articles each year, reaching around 4 million readers online each month. In the present paper the reader can find the most influential or important pieces of research that *Nature* has published. The goal was and remains to help readers make sense of the world of science.

Selection and translation Sashka Alexandrova

## ГОДИШНА НАГРАДА „ПРОФ. Д-Р ЕЛИСАВЕТА КАРАМИХАЙЛОВА“<sup>1</sup>

Наградата е учредена от Гамаконсулт ЕООД през 2017 г. в рамките на конкурса „Уреди за кабинета по физика“, провеждан от Софийския клон на Съюза на физиците в България, обичайно през месец юни, в сградата на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“.

**Стойност на наградата: 700 лв.**

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

Наградата е ежегодна и се присъжда от жури, определено от Софийския клон на Съюза на физиците в България. Присъжда се най-много на двама индивидуални участника или на два колектива, като едната половина може да бъде разделена още на две.

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

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

---

<sup>1</sup>Професор Е. Карамихайлова е първият български атомен физик – нейна е първата публикация по ядрена физика на български език „Върху твърдите гама-лъчи на актиниевата серия“, 1939 г.

Завършила е Виенския университет, където е защитила титлата „доктор по философия“. Работи в Радиевия институт – Виена, колежа Гиртън на Кеймбриджкия университет и Кавендишката лаборатория, където защитава научната титла *Magister Atribus*.

От 1939 г. проф. Карамихайлова е редовен доцент в Катедрата по опитна физика на Софийския университет. Чете лекции по атомна физика, спектрален анализ, луминесценция, ядрена физика и радиоактивност. През 1945 г. оглавява новосъздадената катедра „Ядрена физика“.

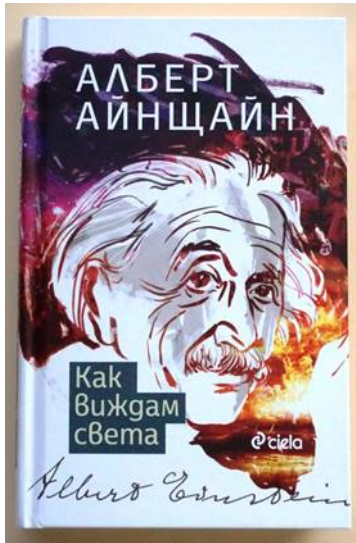
От 1955 г. до смъртта си (1968 г.) тя ръководи секция „Радиоактивност и ядрена спектроскопия“ във Физическия институт на БАН.

Основните научни интереси на проф. Карамихайлова при работата ѝ в България са в областта на природната радиоактивност, техногенните радиоактивни замърсявания и радиационната защита.

## СВЕТЪТ ПРЕЗ ПОГЛЕДА НА ЕДИН ГЕНИЙ

Мариана Кънева

*„Най-важното в живота на човек като мен е какво мисли и как мисли, а не какво прави или изпитва“.*  
Алберт Айнщайн



През тази година отбелязахме 140 години от рождението на иконата на съвременната физика – Алберт Айнщайн. Издателство „Сиела“ посвети на тази годишнина една книга (първо издание на български език) на Алберт Айнщайн – **„Как виждам света“** – сборник от избрани писма, статии, речи и изказвания на великия учен, отразяващи философските възгледи, ценностната система, миросгледа, морала и гражданската му позиция, неговата интерпретация на света не само в научен смисъл, но и от гледна точка на социалната и политическата му ангажираност (в съвременния живот те са по-важни от всякога). Допускайки читателя до своята духовна вселена, той излага мнението си по въпросите за смисъла и идеалите на

живота, за семейството и брака, морала и етиката, религията и науката, политиката и войните, военната служба, важноста на въображението, мястото на науката и изкуството в човешкия живот и ролята им за развитието на цивилизацията, отговорността пред поколенията, за отношението на политиците към науката, за демокрацията, тиранията, национализма и хуманизма, за ролята на държавата и международната политика. Споделяйки своята лична философия, Айнщайн се опитва да даде отговор на въпроси, вълнуващи всеки един мислещ човек. Тази смесена колекция от размисли на Айнщайн създава един ясен портрет на големия учен и човек чрез неговия привлекателен и достоен за уважение светоглед.

Избраните есета, писма, интервюта и речи (общо 65) са писани, когато Айнщайн е бил на върха на научната си кариера и международен авторитет. Те са групирани в четири части: „Как виждам света“, „Политиката и пацифизма“, „Германия“ и „Евреите“. Писани по различни поводи, те са и своеобразен урок по история на едно противоречиво време, определило до голяма степен съвременното развитие на Европа и света.

Оригиналният сборник, издаден на немски език през 1934 г. от Рудолф Кайзер със заглавие „Моят светоглед“ (*Mein Weltbild*), е преведен на английски от Алан Харис (*Alan Harris*) и е публикуван през 1935 г. в Англия, когато Айнщайн е в Америка, търсейки спасение от Хитлеровия режим. В предговора към първото издание се казва, че „*Айнщайн вярва в човечеството, в един мирен свят на взаимопомощ и във висшата мисия на науката. Тази книга служи като довод в защита на тази вяра в едно време, което кара всеки от нас да преосмисли своя мироглед и идеи*“.

Трябва да се спомене и ролята на предговора на Нийл Бергер (*Neil Berger*) към изданието от 2010 г. за цялостното възприемане на този сборник. В него кратко, но много ясно е анализирана историческата обстановка, провокирала издаването на книгата, и е дадена ценна информация, която по същество представлява сбита, но сравнително пълна биография на Айнщайн през призмата на всички значими събития в неговия живот, довели до съдбовни решения и промени, и до голяма степен оформили неговия мироглед, изразен в колекцията есета. Към текстовете са дадени обяснения и ценни исторически бележки от преводача на книгата на български език Димитър Николов, а накрая е представен и списък на най-важните събития в живота на Айнщайн по години.

На тази книга ѝ липсва атрактивността и ексцентричността, с която много често свързваме името на Айнщайн – многобройните негови афоризми и анекдоти, свързани с необикновената му личност, живот и гениалността на теориите му (Алберт Айнщайн: „Аз ли съм луд или другите“, Пергамент прес, 2013). „Как виждам света“ е книга – откровение, която ни показва едновременно човешките вълнения на един светъл ум, наблюдателността на учен и мъдростта на ангажиран социално гражданин на света, какъвто е бил Айнщайн (не само по стечение на обстоятелствата). Тя не е просто провокация за ума и за интерпретацията на мисли. Тя е откровено и аргументирано споделяне на възгледите по общочовешки въпроси на един от най-блестящите интелекти в историята на науката. Тук са и източниците на много от добилите популярност афористични фрази на Айнщайн по различни поводи. Тъй като подборът на афоризми и текстове е също вид интерпретация, тази книга е с ценността на автобиографичен документ – в нея са изложени тази част от мислите и възгледите на Айнщайн, които той сам е пожелал и счел за важно да сподели.

Хуманизмът на големия учен намира израз в основната му философска концепция – свободата на отделната личност, вярата в справедливостта, в победата на доброто и в това, че смисълът на живота и основата за щастието е да правиш живота на хората по-добър: „*ние съществуваме заради другите – на първо място, заради тези, от чиито усмивки и щастие зависи зависи на-*



*шето щастие, и след това за всички онези непознати за нас хора, с чиито съдби ни свързва съчувствието“.*

Политическият идеал на Айнщайн е демокрацията, като единствена възможност на държавата да изпълни основната си роля и задължение: *„да защитава индивида и да му осигурява възможност да се развие като творческа личност“*, без да се намесва в личната му свобода. Приоритет на политиките трябва да бъде *„стремеж към социален прогрес, към толерантност, свобода на мисълта, към по-голямо политическо обединение“*. Той отдава провалите на демокрацията в Европа на слаби и неспособни управници и оказва голяма почит на президентската форма на държавата в Америка, подкрепя ционисткото движение, като възможност за съхраняване на националната култура на еврейската общност и бъдещото ѝ развитие и *„олицетворение на пробуждащия се колективен дух на цялата еврейска нация“*. Имайки подчертано леви убеждения, той е против класовите различия и ги смята за базирани на насилие и потисничество, поради което би трябвало да са противозаконни. Силите на злото са парите, алчността и егоизмът, *„липсата на съвест, която идва с богатството и спокойствието“* и *„за да оцелее, човечеството се нуждае от коренно нов начин на мислене“*. В този контекст са и призивите на Айнщайн за разоръжаване и мир, за толерантност и единство, за противопоставяне на злоупотребата с държавна власт, както и размислите му за световната икономическа криза, за работа, производство и потребление – анализи в икономическата сфера на един свят в който *„егоизмът и конкуренцията са, за съжаление, по-големи сили от обществения дух и чувството за общност“*. Поставянето на истината над всичко, отвращението към всякакъв вид насилие и диктатура, отстояването на идеите за справедливост и свобода са особено силно изразени в кореспонденцията му с Пруската академия на науките по повод оставката му – текстове, публикувани достоверно за първи път в този сборник.

Изненадващо е, че и днес, след близо един век, светът продължава да преживява подобна ситуация: на власт идват популисти, дрънкат оръжия, много често човешките действия на всяко ниво са мотивирани от алчност и омраза; на фона на всичко това левите убеждения на Айнщайн може би изглеждат донякъде наивни, което обаче не е изненадващо, защото ценностната му система не предполага друго отношение към света. Но въпреки че в нашия свят все още съществуват *„трите велики сили на разрушението: глупостта, страха и алчността“*, някои идеи на Айнщайн – за обединена Европа, за повече социална активност и заедност, вече са реалност.

Изключително модерно и все по-широко прието е схващането на Айнщайн за живота като висша ценност – на всеки един живот, а не само на човешкия. *„Животът е свещен – той е върховната ценност, на която са подчинени всички останали ценности. Почитането на живота на ниво над ин-*

дивидуалното води със себе си и почит към всичко духовно“. „Показателно е, че животните са включени в заповедта да се почита съботният ден – толкова е силно чувството, че идеалът налага солидарност с всички живи същества“. Всъщност, преклонението пред живота като свещен е основният принцип на юдаизма и Айнщайн го разглежда като почитане на живота в надличностен смисъл, като „опиянение, радост и удивление от красотата и величието на този свят, за който човек може да си състави само най-бегла представа“.

Израз на това възприемане на живота е абсолютният и безкомпромисен пацифизъм на Айнщайн, схващането му за войната като „зло и презряно нещо“, като „дивашка и недостойна останка от епохата на варварството“. „Дълбоко съм убеден, че отнемането на живот зад маската на войната не се различава от никое друго убийство“. Разглежда армията като „най-лошото проявление на стадната природа“, нарича задължителната военна служба „крепост на нездрав национализъм“ и призовава за отказ от нея: „Само ако успеем да премахнем задължителната военна служба изцяло, ще бъде възможно да възпитаме младежта в духа на помирението, радостта от живота и любовта към всички живи същества“.

Заниманията с интелектуална дейност Айнщайн разглежда като богатството на живота и предпоставка за създаване на общност. Важна и актуална е идеята му за голямото значение, което има популяризирането на науката и за важната роля на научно-популярните периодични издания, които разширяват кръгозора на все по-тясно специализиращите се в отделни сфери на познанието научни работници, „което заплашва да лиши изследователя от неговия широк хоризонт и да го принизи до нивото на механик“, съдействат за общото разбиране за науката като цяло и подпомагат „насочването на научните работници, които искат да бъдат достатъчно добре запознати с развитието на научни проблеми, методи и резултати, за да могат да преценяват сами“. И още: „Но контактът между интелектуалеца и масите не бива да се губи. Той е необходим за възвисяването на обществото и в също толкова голяма степен – за обновяването на силите на самия интелектуалец“.

Особено внимание заслужава есето за тежкото положение на науката по времето на икономическата криза в Германия: „Във времена на криза хората обикновено стават слепи за всичко извън най-необходимото им. Те ще платят за работа, която води директно до материално богатство. Но ако искаме науката да процъфтява, не бива да предвиждаме непосредствена практическа полза. По правило познанията и методите, които тя създава, само се докосват непряко до практическата полза, и то в много случаи чак след като са си отишли няколко поколения. Пренебрегването на науката води до последваща оскъдица на способни интелектуални работници, ко-

*ито със своя независим поглед и преценка да откриват нови пътища за развитие и да се адаптират към нови условия. Там, където духът на научните изследвания е закърнял, интелектуалният живот на нацията пресъхва, което означава загуба на много възможности за развитие в бъдещето“.* Това звучи абсолютно актуално и сега, особено за нас, и не е за вярване, че от написването на тези редове е минал почти един век, през който науката, както никога преди е доказала значимостта си за развитието на обществото. Айнщайн призовава тези, от които зависи бъдещето на науката да направят така, *„че волята и талантите на младежта да не изчезнат в печалното състояние на обществото“.* За съжаление в момента сме свидетели точно на това изчезване.

Въпросът за взаимоотношенията наука – религия е вълнувал големите умове на всички времена. Много интересна и съзвучна с нашата съвременност е идеята на Айнщайн за Бог не като висше създание и антропоморфна фигура, а като възплъщение на обединяващата хармония на природата, съвършенството на природните закони, като усещане за загадъчното и като едно *„космическо чувство“*, което е *„люлката на истинското изкуство и на истинската наука“*. Отвъд религиите, основани на страха или на морала, Айнщайн вижда *„трето състояние на религиозно преживяване“*, където науката и религията не се противопоставят. Нещо повече, науката подхранва това *„космическо религиозно чувство“*, каквото виждаме при будизма и във философията на Шопенхауер. Според Айнщайн *„космическото религиозно чувство е най-силният и най-благороден мотив за научни изследвания“*, а загадъчното е в основата на религията. Човекът винаги се е опитвал да разбере неизвестните и загадъчни неща, и от това произтича религиозното чувство: *„Най-прекрасното усещане, което човек може да изпита, е усещането за мистерия. Това е основополагащата емоция, която се крие в люлката на изкуството и истинската наука... Знанието за съществуването на нещо, до което не можем да се докоснем, за проявленията на най-дълбокия разум и най-светлата красота ... В този смисъл, и само в този смисъл, аз съм дълбоко религиозен“.*

Често в интерпретацията на биографите и историците на науката Айнщайн е сложна и нееднозначна личност (каквито обикновено са гениите), но в тази малка книжка е изразена истинската му човешка същност, която може да бъде открита и интерпретирана непосредствено и непредубедено от читателя, нещото, което го прави разбираем и дори близък на много от читателите. Оптимизмът и добротата, които прозират в тази селекция от есета са някак заразителни и прочитането им оставя едно ведро чувство от досега с духовната вселена на гения, направена от самия него споделена и достъпна.

И накрая – един коментар от обикновено американско момиче, според което книгата изгражда образ не само на един умен човек (което е общоиз-

вестно), но на един ДОБЪР човек. Една единствена дума, но пълна със съдържание, както и тази малкоформатна книжка – гордост за всяка библиотека.

### Още цитати от книгата:

*Идеалите, които са осветявали пътя ми и винаги са ми давали кураж да приемам живота с усмивка, са Истината, Добротата и Красотата.*

*Обичайните идеи на човешката дейност – собственост, външни белези за успех, лукс – винаги съм смятал за достойни за презрение.*

*Човек, който смята собствения си живот и живота на останалите създания за безсмислен, не е просто нещастен, а почти напълно негоден за живот.*

*Етиката на човека трябва да се основава на съчувствието, образованието и социалните контакти – не е необходима религиозна основа.*

*Стремещът към истината трябва да е на първо място пред всички останали желания.*

*Търсенето на истината, отдалечено от проблемите на ежедневието, би трябвало да бъде смятано за свещено от всяко правителство.*

*Култът към отделни личности за мен винаги е неоправдан.*

*Всеки от нас трябва да изпълни своята малка роля, за да преобрази духа на времето.*

*Обществото носи отговорност за съдбата на всеки индивид.*

*В услуга на живота саможертвата се превръща в милост.*

*Най-доброто у един човек може да разцъфти само когато той се изгуби в общността.*

*Здравето на обществото зависи от независимостта на индивидите в него толкова, колкото и от тяхното близко политическо сътрудничество.*

*Трудностите и препятствията са ценен източник на здраве и сила за всяко общество.*

*Силата винаги привлича хора с нисък морал. Аз вярвам, че съществува едно неизменно правило, според което гениалните тирани винаги биват наследявани от подлеци.*

*Парите събуждат единствено егоизъм и винаги изкушават своите собственици да злоупотребяват с тях.*

*Съдбата на цивилизованото човечество зависи повече от всякога от моралните сили, които то е способно да създаде.*

*За формирането на общественото мнение носи отговорност всеки от нас с всяка своя дума и действие.*

*Всеки социален организъм може да се разстрои психически, също както и всеки отделен човек.*

*Администрациите идват и си отиват, но човешките отношения са тези, които обръщат съдбите на нациите.*

*Бюрокрацията е смърт за всяка добра работа.*

*Да се надяваме, че в бъдеще историците ще обясняват зловеците симптоми на днешното общество като детски болести на едно развиващо се човечество, дължащи се изцяло на крайно високата скорост, с която цивилизацията напредва.*

*Човекът се издига и природата му се обогатява не от плодовете на научните изследвания, а от неговия стремеж да разбере света.*

*Необходимостта от близък контакт между изкуството и науката, от една страна, и обществото, гладно за духовна храна, от друга.*

*Страстта на научните търсения не може да бъде победена от никакви тегоби.*

---

**ПОСЕТЕТЕ НАШИЯ САЙТ**

**[wop.phys.uni-sofia.bg](http://wop.phys.uni-sofia.bg)**

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

---

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТОМ XLI

CONTENTS OF VOL. XLI

**РЕДАКЦИОННО 1/19**  
**РЕДАКЦИОННО 2/19**  
**РЕДАКЦИОННО 3/19**  
**РЕДАКЦИОННО 4/19**  
**НАУКА**  
 – С. Божков – Пътуване във времето, част 2  
 – М. Кънева, С. Тончев, Е. Караколева – Сензорни елементи на основата на протонно-обменени вълноводи в  $\text{LiNbO}_3$   
 – Д. Динев – Физиката на високите енергии след Големия адронен колайдър  
 – И. Илиев – Радиоактивност и гама-спектър измерени, чрез безпилотни летателни средства (БЛС)  
 – Й. Павлова – Космическият микровълнов фон  
 – Е. Йорданова – Нобеловата награда по физика за 2018 г.: приложения и перспективи  
 – Скритата мощ на микроелектрониката  
 – М. Кънева – Лазерни методи при реставрация и консервация на кавалетна живопис (част I)  
 – М. Кънева – Лазерни методи при реставрация и консервация на кава-летна живопис (част II)  
 – А. Георгиева – Физиците решиха 35-годишна загадка, скрита в атомното ядро  
**НАУЧНИ НОВИНИ**  
 – Новите дефиниции на мерните единици  
 – Лекция на Генералния директор на ЦЕРН във Физическия факултет на Софийския университет

**EDITORIAL 1/19** ..... 1  
**EDITORIAL 2/19** ..... 101  
**EDITORIAL 3/19** ..... 201  
**EDITORIAL 4/19** ..... 293  
**SCIENCE**  
 – S. Bozhkov – Time travel, part 2 ..... 4  
 – M. Kuneva, S. Tonchev, E. Karakoleva – Sensing elements based on PE technology in  $\text{LiNbO}_3$  ..... 18  
 – D. Dinev – High Energy Physics beyond the Large Hadron Collider ..... 29  
 – I. Iliev – Gamma spectrum and gamma activity measured from unmanned aerial vehicles (UAV) ..... 103  
 – J. Pavlova – The Cosmic Microwave Background ..... 116  
 – E. Iordanova – The 2018 Nobel Prize in physics: applications and perspectives ..... 125  
 – The hidden power of microelectronics ..... 210  
 – M. Kuneva – Laser methods in restoration and conservation of easel painting (part I) ..... 220  
 – M. Kuneva – Laser methods in restoration and conservation of easel painting (part II) ..... 302  
 – A. Georgieva – Physicists solved a 35-year-old mystery hidden inside atomic nucleus ..... 325  
**SCIENCE NEWS**  
 – New definitions of measurement units ..... 40  
 – Lecture of the Director-General of CERN at the Faculty of Physics of Sofia University ..... 339

**НАГРАДИ**

- Проф. Бари Бариш – доктор хонорис кауза на Софийския университет
- Д-р Виктория Атанасова с грамота от Конкурса на СУБ` 2018
- С. Александрова – Наградите на Карен Уленбек и Мерием Мирзахани
- Проф. Норберт Пиетрала – Доктор хонорис кауза на Софийски университет
- Нобеловата награда за 2019 г.
- В. Иванов, П. Недялков – Астрономи с Нобеловата награда по физика за 2019 г.

**НАУКА И ОБЩЕСТВО**

- Нобеловите институции и равенството в науката
- Научни статии, които издържат теста на времето
- И. Лалов – Физика – общество – култура
- Светът през 2019 – предсказанията на Айзък Азимов
- Б. Божанов – Целта на знанието
- А. Георгиева – Прессъобщение: Европейски фестивал „Наука на сцената – 2019“
- П. Д. Таунсенд, Т. Цветкова – Заплахи за нашето оцеляване от природата и модерните технологии
- Р. Костадинова – След завръщането на българската делегация от 11-тия Международен фестивал „Наука на сцената“ в Португалия

**СЪЮЗЕН ЖИВОТ**

- Тематика на националните конференции по въпросите на обучението по физик

**ФИЗИКА И ИКОНОМИКА**

- Поглед към икономиката чрез прости физични модели

**AWARDS**

- Prof. Barry Barish – doctor honoris causa of the Sofia University .....47
- Dr. Victoria Atanassova with an award from the USB` 2018 contest .....48
- S. Alexandrova – Awards for Karen Uhlenbeck and Maryam Mirzakhani .....136
- Prof. Norbert Pietralla – Doctor Honoris Causa of the Sofia University ..... 142
- The Nobel Prize in Physics 2019 ..... 203
- V. Ivanov, P. Nedialkov – Astronomers with the 2019 Nobel Prize in Physics ..... 295

**SCIENCE AND SOCIETY**

- Nobel institutions and diversity in science .....49
- Papers that stand the test of time .....54
- I. Lalov – Physics – Society – Culture .....60
- The world in 2019 – Isaac Asimov’s predictions .....144
- B. Bozhanov – The point of knowledge ..... 256
- A. Georgieva – Press release: European Science on Stage Festival 2019 ..... 258
- P. D. Townsend, T. Tsvetkova – Threats to our survival from nature and advanced technology ..... 355
- R. Kostadinova – After the return of the Bulgarian Delegation to the 11th International festival „Science on Stage“ in Portugal ..... 364

**UNION LIFE**

- Topics of the National conference on physics education ..... 349

**PHYSICS AND ECONOMY**

- Economics made simple with physics models .....70

**ФИЗИКА И ХУМАНИТАРНИ  
НАУКИ**

– Да се научим да се удивляваме

**ИСТОРИЯ**

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

– Н. Балабанов – 150 години с Периодичната система на Менделеев

– С. Александрова – Малко известни факти за Макс Планк

– Учен случайно намери най-старата версия на периодичната таблица на Менделеев

– В. Пенчева – За 150-годишната научна проникателност на Дмитрий Иванович Менделеев и периодичната таблица на химичните елементи

– К. Янакиев – Декарт, Бекман и мигновеното разпространение на светлината

**ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ**

– М. Замфиров – Подходи на Пиаже при идентифицирането на талантиливи ученици по природни науки

– Мъдри дефиниции

– Н. Димитрова – 47-ма Национална конференция по въпроси на обучението по физика

– Мъдри дефиниции

**МЛАДИ ИЗСЛЕДОВАТЕЛИ**

– М. Минчев – Периодичната таблица – някои нейни реконструкции и математическо моделиране

– Н. Балабанов – Национален конкурс за есета, посветен на обявената от ЮНЕСКО 2019 за международна година на Периодичната система на Д. И. Менделеев

– М. Джиджова, С. Александрова – Национален конкурс за есе, посветен на 140-та годишнина от рождението на Алберт Айнщайн

**PHYSICS AND HUMANITIES**

– Learning to be astonished ..... 206

**HISTORY**

– N. Balabanov – Nayden Gerov and Yoakim Gruev’s contribution to spreading physics knowledge in Bulgaria .....72

– N. Balabanov – 150 years with Mendeleev’s Periodic system .....149

– S. Alexandrova – Less-known facts about Max Planck ..... 160

– Scientist accidentally finds the oldest version of Mendeleev’s periodic table ..... 241

– V. Pencheva – On the 150-year scientific insight of Dmitri Ivanovich Mendeleev and the periodic table of chemical elements ..... 244

– C. Yanakiev – Descartes, Beeckman and the instantaneous propagation of light ..... 331

**PHYSICS AND TEACHING**

– M. Zamfirov – Piaget’s approaches for identification of talented students in Science .....80

– Smart definitions .....90

– N. Dimitrova – 47<sup>th</sup> National conferences on physics education ..... 165

– Smart definitions ..... 255

**YOUNG RESEARCHERS**

– M. Minchev – The Periodic table – some reconstructions and mathematical modelling .....168

– N. Balabanov – National essay contest dedicated to UNESCO’s International year of D. I. Mendeleev’s periodic system 2019 ..... 173

– M. Djidjova, S. Alexandrova – National essay contest dedicated to the 140<sup>th</sup> anniversary of Albert Einstein’s birth .....179



– В. Терзиева – Алберт Айнщайн – учен, мислител, хуманист	– V. Terzieva – Albert Einstein – scientist, thinker, humanist .....	182
– Х. Астарджиев – Орбитална механика за всички: орбита на космическия телескоп „ТЕСС“	– H. Astar djiev – Orbital mechanics for everyone: orbit of the TESS space telescope .....	261
– М. Обретенова – Какво знаем за тъмната материя и тъмната енергия	– M. Obretenova – What we know about dark matter and dark energy .....	279
<b>ЮБИЛЕЙ</b>	<b>JUBILEE</b>	
– проф. дфн Нъшан Ахабабян на 85 години	– 85 <sup>th</sup> anniversary of prof. Nashan Ahababyan .....	3
– 100-годишен юбилей на преподавателката по физика Росина Петкова	– 100-year anniversary of physics teacher Rosina Petkova .....	341
<b>ДИСКУСИЯ</b>	<b>DISCUSSION</b>	
– Негативното отношение към отрицателните научни резултати: дискусия за противоречието между научната ценност и научната култура	– Negativity towards negative results: about the disconnect between scientific worth and scientific culture .....	343
<b>ГОДИШНИНА</b>	<b>ANNIVERSARY</b>	
– Член-кореспондент Чавдар Стоянов на 75 години	– 75 <sup>th</sup> anniversary of corresponding member of BAS Chavdar Stoyanov .....	91
– Списание Nature чества 150 години	– Celebrating 150 Years of Nature .....	372
<b>ЛЮБОПИТНО</b>	<b>CURIOUS</b>	
– Забавна случка с Нобелов лауреат	– Funny story with a Nobel prize winner .....	285
– Защо ледът е хлъзгав?	– Why is ice so slippery? .....	370
<b>КНИГОПИС</b>	<b>BIBLIOGRAPHY</b>	
– П. Атанасов – Лазерът	– P. Atanassov – The Laser .....	95
– Лазери и лазерна обработка на материали	– Lasers and material processing with them .....	188
– М. Кънева – Вдъхновяващият свят на Ричард Файнман	– M. Kuneva – The inspiring world of Richard Feynman .....	286
– М. Кънева – Светът през погледа на един гений	– M. Kuneva – The world through the eyes of a genius .....	377
<b>IN MEMORIAM</b>	<b>IN MEMORIAM</b>	
– Х. Попов – Христо Д. Димитров	– Ch. Popov – Hristo Dimitrov .....	97
– Доц. д-р Серафим Николов	– Assoc. prof. Serafim Nikolov .....	99
– Проф. д.фз.н. Йордан Бранков	– Prof. D.Sc. Yordan Brankov .....	190
– В. Тодоров – Спомен за трима забележителни медицински физици	– V. Todorov – A memory of three outstanding medical physicists .....	192
– Х. Солунов – Последно сбогом с доцент д-р Георги Мекишев	– H. Solunov – Farewell to Assoc. Prof. Dr. Georgi Mekishev .....	291

---

## ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

Статии до редакцията се изпращат на адрес: [worldofphysics@abv.bg](mailto: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: Художествена представа за екзопланетата HD 21749c – първата с размер, подобен на земния, открита с космическия телескоп „TESS“ (източник – *Robin Dienel/Carnegie Institution for Science*). Статия за космическия телескоп „TESS“ можете да прочетете в брой 3/19.

---

***НАШИТЕ АВТОРИ:***

**Сашка Александрова** – проф. д.т.н., Технически университет, София;

**Валентин Иванов** – д-р, Европейската южна обсерватория, Гархинг, Германия;

**Петко Недялков** – доц. д-р, Физически факултет, Софийски университет „Свети Климент Охридски“;

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

**Ана Георгиева** – проф. д.ф.з.н., Институт по електроника, БАН;

**Константин Янакиев** – доц. д-р, Философски факултет, Софийски университет „Свети Климент Охридски“;

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

**Питър Д. Таунсенд** – проф. дфн, доктор хонорис кауза, член на Института по физика на Обединеното кралство, Университет на Съсекс, Брайтън, Великобритания;

**Таня Цветкова** – доц. д-р, Институт по физика на твърдото тяло, БАН;

**Радка Костадинова** – учител, СУ „Иван Вазов“, Вършец.

---

**СЪДЪРЖАНИЕ**

**CONTENTS**

**РЕДАКЦИОННО**

**НАГРАДИ**

– В. Иванов, П. Недялков – Астрономи с Нобеловата награда по физика за 2019 г.

**НАУКА**

– М. Кънева – Лазерни методи при реставрация и консервация на кавалетна живопис (част II)

– А. Георгиева – Физиците решиха 35-годишна загадка, скрита в атомното ядро

**ИСТОРИЯ**

– К. Янакиев – Декарт, Бекман и мигновеното разпространение на светлината

**НАУЧНИ НОВИНИ**

– Лекция на Генералния директор на ЦЕРН във Физическия факултет на Софийския университет

**ЮБИЛЕЙ**

– 100-годишен юбилей на преподавателката по физика Росина Петкова

**ДИСКУСИЯ**

– Негативното отношение към отрицателните научни резултати: дискусия за противоречието между научната ценност и научната култура

**СЪЮЗЕН ЖИВОТ**

– Тематика на националните конференции по въпросите на обучението по физика

**НАУКА И ОБЩЕСТВО**

– П. Д. Таунсенд, Т. Цветкова – Заплахи за нашето оцеляване от природата и модерните технологии

– Р. Костадинова – След завръщането на българската делегация от 11-тия Международен фестивал „Наука на сцената“ в Португалия

**ЛЮБОПИТНО**

– Защо ледът е хлъзгав?

**ГОДИШНИНА**

– Списание Nature чества 150 години

**КНИГОПИС**

– М. Кънева – Светът през погледа на един гений

**EDITORIAL** ..... 293

**AWARDS**

– V. Ivanov, P. Nedialkov – Astronomers with the 2019 Nobel Prize in Physics ..... 295

**SCIENCE**

– M. Kuneva – Laser methods in restoration and conservation of easel painting (part II) ..... 302

– A. Georgieva – Physicists solved a 35-year-old mystery hidden inside atomic nucleus ..... 325

**HISTORY**

– C. Yanakiev – Descartes, Beeckman and the instantaneous propagation of light ..... 331

**SCIENCE NEWS**

– Lecture of the Director-General of CERN at the Faculty of physics of Sofia University ..... 339

**JUBILEE**

– 100-year anniversary of physics teacher Rosina Stefanova Petkova ..... 341

**DISCUSSION**

– Negativity towards negative results: about the disconnect between scientific worth and scientific culture ..... 343

**UNION LIFE**

– Topics of the National conferences on physics education ..... 349

**SCIENCE AND SOCIETY**

– P. D. Townsend, T. Tsvetkova – Threats to our survival from nature and advanced technology ..... 355

– R. Kostadinova – After the return of the Bulgarian Delegation to the 11th International festival „Science on Stage“ in Portugal ..... 364

**CURIOUS**

– Why is ice so slippery? ..... 370

**ANNIVERSARY**

– Celebrating 150 Years of Nature ..... 372

**BIBLIOGRAPHY**

– M. Kuneva – The world through the eyes of a genius ..... 377