

## РЕДАКЦИОННО

Отбелязваме две значителни постижения, появили се в световния поток от научни новини за периода след излизането на книжка №1 за 2015 г. на „Светът на физиката“. Първото е наблюдаваното пентакваркно състояние от колаборацията LHCb на ЦЕРН в експерименти по разпад на „дънни“ ламбда бариони. В миналото са докладвани експерименти, регистриращи свързани състояния от пет кварка, но последвалите анализи и опити за възпроизвеждане на експериментите от независими групи са показвали, че не е достигната нужната статистическа достоверност. Поради тази „историческа обремененост“ обработката на данните при настоящия експеримент е извършена с изключително внимание и отчитайки всичките други възможни причини за възникването на „сигнала“. Достоверността, че е наблюдаван именно пентакварк не е каквато обичайно се счита за достатъчна при откритие на нова частица – 5 стандартни отклонения, а цели 9 сигми! При достигната статистика вероятността появата на наблюдавания сигнал да не се дължи на нова частица е изключително малка. Новата частица се състои от два горни, един долен кварк и двойка от очаровани кварк-антикварк. Всъщност наблюдавани са две краткоживущи състояния с маси съответно 4.67 и 4.74 пъти масата на протона. Това поставя въпросителна дали е наблюдавано истинско свързано пентакваркно състояние или е един вид „молекула“ от барион и очарован мезон; въпросът изисква по-нататъшни изследвания. За значението на експеримента свидетелстват думите на Нобеловия лауреат и един от „бащите“ на Квантовата хромодинамика (КХД) Франк Уилчек: „Това вероятно е най-вълнуващото откритие в КХД, което мога да си представя“.

Другият вълнуващ резултат е от съвсем различна област, представляваща относително отскоро театър на физически изследвания: процесите, довели до възникването на живота. Еволюционната теория на Дарвин в нейното съвременно развитие дава много добра представа за това как животът се е развил след възникването си. Представа, потвърдена от огромно количество емпирични доказателства. Интензивните генетични изследвания през последните шест десетилетия доведоха до това, че еволюцията получи много по-дълбоко ниво на разбиране и мощна подкрепа и на молекулярен мащаб. Много малко обаче се знае как е възникнал животът, което дава поле на изява на всевъзможни религиозни пропагандатори и изобщо за псевдонаучно говорене. Най-активни в последното са така наречените „креационисти“. Популярната научна хипотеза за възникването на живота предполага наличието на първична супа от всички необходими химични съставки, налична енергия в изобилие във вид на светлина и електрически разряди и ... много късмет, за да се формират сложни молекули, способни да се репродуцират и да подпомагат възпроизводството на живата

материя. Джеръми Ингланд, 31-годишен асистент по физика в Масачузетския технологически институт (MIT), издигна в серия от публикации през последните две години нов принцип, който елиминира нуждата от малковероятни събития при възникването на живота. От физична гледна точка основната разлика между живата и неживата материя е способността на първата да приема и разсейва големи количества енергия изключително ефективно. Разглеждайки относително малки незатворени системи от атоми, подложени на интензивна външна сила и приток на енергия, Джеръми показва че те постепенно се реструктурират и самоорганизируют, така че да отделят все повече енергия. Възпроизводството на най-ефективно разсейващите структури е част от този процес. Д. Ингланд предлага и нова формула, изведена на основата на основни физични закони, която показва защо този вид самоорганизация е вероятна. Резултатът му, ако се потвърди експериментално, показва, че границата между живата и неживата материя е много по-размита, отколкото се счита в момента. Друго следствие е, че животът би трябвало да е много по-често явление във Вселената.

Списание „Светът на физиката“ кани специалисти в горните области да представят двете постижения в достъпна за по-широк кръг физици форма. В настоящата книжка, на страница 123, предлагаме статия, посветена на друго нетрадиционно за физиката поле – приложение на инструментите на теоретичната и математическата физика за описание и управление на финансови процеси и тенденции.

В българската физика също могат да се отбележат няколко важни събития. Първото е успешното представяне на националния отбор на Международния турнир за млади физици, състоял се тази година в Тайланд. Този турнир не е обичайна олимпиада, а е регламентиран така, че да следва максимално близо начина, по който се извършва една реална научна работа. За пръв път тази година отборът ни се завърна със сребърни медали. По-подробно описание на турнира и българското участие в него е представено на страница 175.

Второто е колективната награда, получена за високи резултати в научната дейност от Института по ядрена физика и ядрена енергетика. Наградата е присъдена от престижната американска наукометрична агенция „Томпсън Ройтерс“, притежаваща правата върху популярния индекс за оценка на влиянието на научните списания „импакт фактор“; виж страница 138.

Съюзът на физиците в България и лично неговият председател получиха голямо признание за авторитета си на тазгодишния конгрес на Балканското физическо дружество. На него академик Александър Петров беше избран за президент на Балканското физическо дружество с мандат за четири години. Честито! Съобщение за избора може да бъде намерено на страница 185.

## ЦЕНОВА ДИФУЗИЯ

### Опит за кратък и елементарен увод в модела на Блек-Шолс-Мертон, или от Тит Лукреций Кар и Пингала до съвременните финанси

Александър Ганчев

През 80-те и особено през 90-те години на 20-и век редица физици и математици се пренасочват към изучаването и моделирането на финанси. Много се заемат и с практически финансови дейности. Едно обяснение е, че краят на студената война оставя много физици без работа. Основната причина, все пак, е натрупването на огромно количество данни<sup>1</sup>, което позволява на финансите да поемат по пътя към точните науки<sup>2</sup>. Това позволява развитието във финансовата наука на математични и изчислителни методи, основани на физични модели, и води до ускореното развитие на финансовата математика. Едни бърз поглед в архива (<http://arxiv.org>) показва следното. Думата „финанси“ или „финансов“ се появява в резюмето на статии, публикувани в раздела „физика“ на архива съответно 46, 74, 55, 53, 56, 66, 78, 66, 71 пъти в годините от 2000 до 2008. (Най-често тези статии се появяват в подраздела „кондензирана материя“, <http://arxiv.org/cond-mat/>.) Общият брой в разделите физика и математика за същите години е съответно 46, 76, 61, 70, 93, 108, 127, 133. От 2008 се обособява отделен раздел „количествени финанси“ (<http://arxiv.org/archive/q-fin>) и тук броят статии е съответно 320, 405, 536, 581, 634, 745, 812 за годините от 2008 до 2014. През 2012 г. около 5% от завършващите докторанти по физика в САЩ отиват да работят във финансовата индустрия<sup>3</sup>. Банките предпочитат да наемат на работа като количествени анализатори (quantitative analysts или за кратко quants) по-скоро

<sup>1</sup> Първата електронна стокова борса NASDAQ започва като електронно табло за обяви през 1971 г. Чикагският борд за търговия (Chicago Board of Trade – CBOT) въвежда електронна търговия в края на 80-те и началото на 90-те. На прехода от 20-и към 21-ви век Комисията за ценни книжа и борси (Securities and Exchange Commission) въвежда редица регулации, ефектът от които е насърчаването на електронната търговия. В момента голяма част от финансовата търговия се извършва от машини, като скоростите, с които се извършва търговията, достигат мили- и микросекунди. Цялата информация се пази и е относително лесно достъпна.

<sup>2</sup> Бих казал, че в момента сред обществените науки именно финансите са най-близо до понятието точна наука. В сравнение с икономиката, финансите са много по-проста наука и едновременно с това количеството натрупани данни може би е сравнимо с количеството данни от ускорителната физика.

<sup>3</sup> “Physicists Learn a Trade” by Michael Price, 2012/08/03 и “Finance's Quant(um) Mechanics” by Alaina G. Levine 2008/11/21 в <http://sciencecareers.sciencemag.org>.

хора, завършили физика, математика или компютърни науки, а не финансиста или икономиста.

Сега да оставим света на физиците и да се прехвърлим за кратко в света на финансите и големите пари. Годици наред между 5-те най-богати хора в света се нарежда Уорън Бъфет (Warren Buffet). Бъфет цял живот се занимава с финанси и е натрупал състоянието си без да използва математически модели. Той е най-богати-ят финансист, но дали е най-успешният? По време на финансовата криза неговият фонд губи 50%, а в същото време печалбите на инвестиционния фонд Медалион (Medallion Fund) са 80%! Основател на Медалион е Джеймс Саймънс (James Harris Simons). Състоянието на Саймънс възлиза на 12 милиарда долара и според списание Форбс той се нарежда на 85-о място по богатство в света, а сред финансистите е 6-и по богатство<sup>4</sup>. Саймънс не се е занимавал цял живот с финанси (той основава компанията Renaissance Technologies, която управлява фонда Медалион, през 1982 г., когато е 49-годишен). Саймънс е математически физик. Заедно с Черн (Shing-Shen Chern) откриват характеристичните класове на Черн-Саймънс. Това откритие има огромен ефект върху съвременната математична физика, в теорията на струните и топологичната теория на полето. Натрупал състояние от приложение на модели от математическата физика във финансите, Саймънс не забравя науката. През 2007 г. основава Центъра Саймънс за геометрия и физика (Simons Center for Geometry and Physics) към Университета в Стоуни Брук (Stony Brook University in New York). Амбицията е този център да стане един от водещите световни центрове по математична физика. С казаното дотук не се опитвам да прославям света на големите пари, а по-скоро се питам дали няма доза истина в старата шега, че „физиците могат всичко и го правят по-добре от всички други”.

А сега по-сериозно. Да разгледаме накратко най-известния модел на финансовата математика, модела на Блек-Шолс. Статията на тези автори е публикувана през 1973 г. За развитието на този модел Шолс (Myron Scholes) и Мертон (Robert C. Merton) получават Нобеловата награда по икономика за 1997 г. (за съжаление Блек (Fischer Black) в този момент не е жив). Но финансовата математика възниква по-рано. За неин рожден ден се счита 29 март 1900 г. В този ден Луи Башеие (Louis Jean-Baptiste Alphonse Bachelier, 1870-1946) защитава в Париж докторска дисертация със заглавие „Теория на спекулациите”. Научен ръководител на Башеие е самият Анри Поанкаре. Поанкаре и Хилберт са двамата водещи математици и математически физици на прехода между 19-и и 20-и век. Башеие развива математическата теория на брауновото движение (по-задълбочено и с пет години по-рано от Айнщайн) и я използва за моделиране на динамиката на цените на акции. Следващата важна стъпка във финансовата математика е статията Maury Osborne, „Brownian motion in the stock

<sup>4</sup> <http://www.forbes.com/billionaires/list/2/#tab:overall>

market”<sup>5</sup>. Осборн (M. F. Osborne, 1916-2003) е физик, астрофизик и биолог. В тази работа той предлага с брауново движение да се моделира не динамиката на цените на акциите, а логаритъмът от цените. Видяхме, че преди Блек, Шолс и Мертон идват Башеие и Осборн. Защо да не погледнем още по-назад във времето. Може да кажем, че моделът на Блек-Шолс е пример за високи технологии във финансите. Но уравнението на Блек-Шолс на практика е известно 150 години по-рано. В началото на 19-и век върхът на технологиите е парната машина. През 1822 г. Жан-Баптист Жозеф Фурие публикува „Аналитична теория на топлината” (Théorie analytique de la chaleur), където той предлага известното на всеки физик частно диференциално уравнение, описващо дифузията на топлината. Уравнението на Блек-Шолс фактически е дифузионното уравнение на друг език.

В тази статия ще се опитам да представя накратко теорията на Блек-Шолс и Мертон за оценяването на финансови деривати. Първо ще трябва да въведем няколко думи, които се използват от финансистите. Най-важното понятие, на което ще се спрем малко по-подробно, е „арбитраж”. Елементарният пример на бинарен модел в един период показва как принципът за липса на арбитраж позволява да се определи цената на финансова опция и как тази цена може да се представи като математическо очакване спрямо изкуствено конструирана мартигална вероятностна мярка. Следваща стъпка е да разгледаме бинарния модел в последователни времеви периоди и накрая да вземем непрекъснатата граница. Преди това ще се спрем на сродната задача за случайно блуждаене и ще въведем математическото понятие мартигал. В непрекъснатата граница случайното блуждаене преминава в брауново движение. Случайното блуждаене, или брауновото движение, е микроскопичната динамика, която на макроскопичен мащаб се проявява като дифузия, подчиняваща се на уравнението за топлопроводност. Липсата на арбитраж и предположението, че цената на базовия финансов актив следва геометрично брауново движение са двата крайъгълни камъка, върху които се гради моделът на Блек-Шолс и Мертон с всичките си успехи и неуспехи.

В началото е необходимо да въведем няколко основни понятия от финансите. Ще се опитам да ги обясня без претенции за точна дефиниция. Преводът им от английски е лесна работа. Във физиката и математиката сме много старомодни, опитваме се да говорим на български. Във финансите и икономиката са много по-напредничави. Там съответният термин най-често се взема от английски и просто се изписва с кирилица, дори и да звучи, меко казано, глупаво. Икономистите даже преименуваха науката си на икономикс!

### Финансови производни

Актив (asset) е някакъв ресурс със стойност. Предполагаме, че активите са лик-

<sup>5</sup> Maury Osborne, “Brownian motion in the stock market” Operations research 7.2 (1959): 145-173.

видни, т.е. търгуват се свободно и могат да бъдат превърнати в пари. В този смисъл ще ги отъждествим с финансови инструменти (financial instruments) и ценни книжа (securities). Дериватите (derivatives) са финансови инструменти, чиято стойност е производна от стойността на някакъв базов актив. Нека се съсредоточим върху най-важните деривати – опциите (options). **Опцията** е ценна книга, договор между издател и притежател, която дава правото, но не и задължение, на притежателя да купи от издателя или да му продаде определен базов актив на цена  $K$ , в рамките на определен времеви интервал, от „днес“  $t = 0$  до крайния срок  $T$ , наричан *срок на падежа*. Тук ще разглеждаме само опции от европейски тип, при които правото да се купи или продаде се упражнява само в момента на падежа  $T$ . За конкретност, нека базовият актив е акция. Цената на акцията в момента  $t$  означаваме с  $S_t$ . Това е случайна величина, зависеща от „състоянието на света“ в момента  $t$ . Оставяйки времето да тече, получаваме случаен процес. Опцията, даваща право да се купи базовата акция, се нарича **кол опция**. Притежателят в момента на падежа може да „повика“ (call) издателя на опцията и да поиска да купи базовия актив на договорената цена  $K$ . Опцията, даваща право да се продаде базовата акция, се нарича **пут опция**. Притежателят в момента на падежа може на „постави“ (put) базовия актив пред издателя на опцията и да поиска да продаде на издателя акцията на договорената цена  $K$ . Нека с  $C_t$  означим цената на кол опцията като функция на времето  $t$ . Функцията  $C_t$  също е случаен процес, но флуктуациите на  $C_t$  не са независими, а са резултат на флуктуациите на  $S_t$ . Очевидно стойността на кол опцията в момента  $T$  зависи по явен начин от стойността на акцията и се дава със  $C_t = \max(0, S_t - K)$ . С други думи, кол опцията е ненужно парче хартия, ако  $S_t \leq K$ , а в обратния случай струва  $S_t - K$ . Ще ни трябва и понятието **финансов портфейл**. Нека имаме  $n$  финансови инструменти с цени  $(A^1, \dots, A^n)$ , т.е. вектор в пространство на цени. Портфейл е  $n$ -торка  $(\alpha^1, \dots, \alpha^n)$ , където коефициентът  $\alpha^i$  показва количеството от инструмента  $A^i$  в портфейла. Стойността на портфейла е  $V = \alpha^1 A^1 + \dots + \alpha^n A^n$ .

### Предположения в модела на Блек-Шолс-Мертон

Как да определим цената на опцията в момент от време  $t$ , преди момента  $T$ ? Ако искате да продадете европейска кол опция, **каква е справедливата цена днес**? Това е основен въпрос на финансовата математика.

Като всеки модел, и моделът на Блек-Шолс/Мертон се основава на редица опростяващи предположения. Част от тях са „безобидни“, т.е. или са верни, или близки до действителността в редица случаи, а другите могат сравнително лесно да бъдат изоставени или отслабени, като цената за това, разбира се, е усложняването на модела. Тези предположения са: съществува безрисков (т.е. нестохастичен) финансов инструмент  $B$  (от „bond“, облигация), който расте с фиксирана лихва  $r$ , акция  $S$ , която не плаща дивиденди, и европейска кол опция  $C$  върху тази акция. Тези три инстру-

мента могат да бъдат купувани и продавани в произволни количества и без такси<sup>6</sup> (в частност може да продадем даден инструмент, дори и да го нямаме, като го заемем – късо продаване). Следователно коефициентите  $\alpha^1, \alpha^2, \dots$  в едни портфейл могат да бъдат произволни реални числа, включително отрицателни. Предполагаме, че пазарът е напълно ликвиден и безкраен, т.е. нашите операции не му влияят (на езика на физиката, взели сме термодинамична граница). Две са ключовите предположения в модела на БШМ. Първото е, че динамиката на  $\ln S_t$  логаритъмът от цената на акцията, е Брауново движение. Това е предположението на Бешение-Осборн. Другото основно икономическо предположение е принципът за липса на арбитраж.

### Брауново движение

Роберт Браун наблюдава хаотичното движение на полени във вода през 1827 г., но преди него<sup>7</sup> подобно явление на движението на пробни частици, потопени в течност, е наблюдавано от Ян Ингенхауз (Jan Ingenhousz), откривателя на фотосинтезата, още през 1785 г. Обяснението на това явление е, че пробната частица получава случайни импулси в резултат на удари с молекулите на течността. Ключовото предположение е, че различните „удари“ са **независими**. Оттук следват двете основни характеристики на брауновото движение: независимостта на нарастванията за неприпокриващи се времеви интервали и нормалното разпределение на нарастванията, което е следствие от независимостта и централната гранична теорема. Финансовата аналогия на Бешение-Осборн е, че цената на акциите на дадена фирма съответства на положението на пробната частица, а случайните удари на молекулите на течността се интерпретират като непрекъсната покупко-продажба на тези акции от различни агенти на пазара. Цената на акциите се колебае поради въздействието на **независимите** „удари“ на пазара върху цената.

**Арбитраж**, най-просто казано, е **печалба без риск**. Един портфейл е арбитражен, ако цената му днес е нула, а в някакъв бъдещ момент от време,  $T$ , вероятността цената му да е неположителна е нула, т.е. във всички състояния на света в момента  $T$  цената е неотрицателна и съществува състояние на света, реализиращо се с ненулева вероятност, където цената е строго положителна. Принципът за липса на арбитраж гласи, че арбитражни портфейли не съществуват. Пряко следствие от принципа за липса на арбитраж е законът за **монотонност на цените**. Най-общо може да го формулираме така: ако една релация между цени е валидна в бъдещ момент за

<sup>6</sup> Както споменахме по-горе, в началото на 21-ви век Комисията за ценни книжа и борси промени някои регулации с цел пазарът на ценни книжа да стане достъпен и за малки инвеститори. Един от ефектите е, че таксите за трансакции стават много малки.

<sup>7</sup> Още по-рано римския поет и философ Тит Лукреций Кар (Titus Lucretius Carus 99-55 пр.н.е.), в поемата си „За природата на нещата“ (De rerum natura), описва хаотичното движение на пращинки във въздуха и използва това като аргумент в полза на атоизма.



всяко състояние на света, т.е. с абсолютна сигурност, то тази релация е валидна и в предишни моменти. По-конкретно, нека имаме два финансови инструмента с цени  $G_t$  и  $H_t$  в момент  $t$ . Изобщо това са случайни процеси и зависят от „състоянието на света“. Ако в бъдещ момент от време  $T$  между  $G$  и  $H$  имаме някаква релация, т.е.,  $G_T < H_T$ ,  $G_T \leq H_T$ ,  $G_T = H_T$ ,  $G_T \geq H_T$  или  $G_T > H_T$ , и тази релация е в сила във всяко „състоянието на света“ в момента  $T$ , то същата релация е в сила за всеки предходен момент от време  $t \leq T$ . Това твърдение е пряко следствие от принципа за липса на арбитраж. Доказателството е елементарно. Да разгледаме случая  $G_T \leq H_T$ . Да предположим, че твърдението не е вярно, т.е. съществува момент от време, нека да бъде моментът „сега“  $t = 0$ , когато имаме обратната релация  $G_0 > H_0$ . Ще покажем, че има арбитраж. Образоваме следния портфейл: продаваме на късо  $G$  (т.е. взимаме  $G$  на заем и го продаваме) и купуваме  $H$ , а останалите пари, възлизащи на  $G_0 - H_0$ , инвестираме безрисково (например слагаме на сигурен депозит с фиксирана лихва). Очевидно стойността на нашия портфейл сега е нула. В момента  $T$  стойността на нашия портфейл ще бъде  $-G_T + H_T + R(G_0 - H_0)$ , това е случайна величина, но във всички състояния на света е строго положителна (тук  $R$  е положителен коефициент, отчитащ олихвяването за периода). Нашият портфейл води до сигурна печалба, т.е. показаме арбитраж или достигнахме противоречие. Принципатът за липса на арбитраж може да се преформулира като изискване за плоска свързаност (цените и лихвите могат да се разглеждат като калибровъчни полета), но да не се отклоняваме и да отложим това за някой друг път.

Статията на Блек и Шолс разглежда модел с непрекъснато време. Този случай също ще отложим за бъдещето и сега ще се спрем на дискретния аналог, предложен от Кокс-Рос-Рубинщайн (Cox-Ross-Rubenstein) шест години по-късно.

### Бинарен модел в един период

Да започнем със случая на дискретно време и първо да разгледаме модел с два момента от време,  $t = 0$  и  $t = 1$ . За динамиката на акцията също приемаме възможно най-простия модел, т.е. „днес“ цената е  $S_0$ , а „утре“ може да вземе две стойности -  $S_1^{\downarrow} = S_0 d$  и  $S_1^{\uparrow} = S_0 u$  с вероятност  $1 - p$  и  $p$  съответно. За да бъде  $S_1$  действително случайна величина, приемаме  $0 < p < 1$ . Нека  $X$  е опция от европейски тип върху  $S$ , т.е.  $X_1$  е явна функция на цената на акцията  $S_1$  в момента  $t = 1$ . Задачата е да определим  $X_0$ , цената на опцията днес. В света на Блек-Шолс, освен с акцията и опцията, разполагаме и с безрисков инструмент  $B$ , например пари на влог с фиксирана лихва  $r$ . Да образуваме портфейл със стойност днес  $V_0 = \phi S_0 + \psi B_0$ , състоящ се от  $\phi$  дяла от акцията и от  $\psi$  количество пари на безрисков влог. Коефициентите  $\phi$  и  $\psi$  ще подберем така, че този портфейл да възпроизведе стойността на опцията  $X$  в момента  $t = 1$ . Двете възможности за акцията дават две линейни уравнения  $\phi S_1^{\omega} + \psi B_1 = X_1^{\omega}$  (където  $\omega = \downarrow, \uparrow$ ) за двата неизвестни коефициента  $\phi$  и  $\psi$ . Да подчертаем, че дясната страна

$X_1^{\omega}$  на тази система е известна дадена функция на  $S_1^{\omega}$ . Решението на тази система е гимназиална задача и се дава с  $\phi = (X_1^{\uparrow} - X_1^{\downarrow}) / (S_1^{\uparrow} - S_1^{\downarrow})$  и  $\psi = (X_1^{\uparrow} - \phi S_1^{\uparrow}) / R B_0$ . Тук  $R = B_1 / B_0$  и  $R = 1 + r$  или  $R = e^{r\Delta t}$  в зависимост от това дали парите се олихвяват веднъж или непрекъснато. В основата на модела на Блек-Шолс стои принципът за липса на арбитраж и в частност законът за монотонност на цените. Понеже опцията и портфейлът, конструиран да възпроизведе опцията, имат една и съща цена в момента  $t = 1$  при всички „състояния на света“, то по закона за монотонност те трябва да имат равна стойност и при  $t = 0$ , т.е.  $X_0 = V_0$ . Замествайки намерените коефициенти  $\phi$  и  $\psi$ , получаваме  $X_0 = R^{-1}(q^{\uparrow} X_1^{\uparrow} + q^{\downarrow} X_1^{\downarrow})$ , където  $q^{\uparrow}$  и  $q^{\downarrow}$  сме означили  $q^{\uparrow} = (R - d) / (u - d)$  и  $q^{\downarrow} = 1 - q^{\uparrow} = (u - R) / (u - d)$ . Намерихме отговор на нашия въпрос, но нека да го интерпретираме. Лесно се проверява, че липсата на арбитраж налага неравенството  $d < R < u$ , откъдето следва  $q^{\uparrow}, q^{\downarrow} \in (0, 1)$ . Това ни позволява да интерпретираме коефициентите  $q^{\uparrow}$  и  $q^{\downarrow}$  като вероятности и да препишем получения резултат като  $R X_0 = E^q(X_1)$ . Тук  $E^q$  означава математическо очакване спрямо вероятностната мярка  $q$ . Процес, който притежава свойството „математическото очакването утре е равно на стойността днес“, наричаме **мартингал**. Вероятностната мярка  $q$  обикновено се нарича мартингална или безрискова, или синтетична вероятност. В тази терминология резултатът  $R X_0 = E^q(X_1)$  гласи, че (олихвената) цена на опцията е мартингал относно вероятността  $q$ . Веднага може да проверим, че (олихвената) акцията  $S$  също така е мартингал относно  $q$ , т.е.  $R S_0 = q^{\uparrow} S_1^{\uparrow} + q^{\downarrow} S_1^{\downarrow} = E^q(S_1)$ . Горният извод може да обърнем наопаки. Мартингалната вероятност  $q$  се извежда от изискването случайният процес  $S_t$  да е мартингал. Тогава за всяка опция  $X$  от европейски тип, т.е. такава, че стойността ѝ при падеж  $X_1$  е явна функция на  $S_1$ , цената ѝ днес се дава с  $R X_0 = E^q(X_1)$ , т.е. е такава, че случайният процес  $X_t$  е мартингал. Цената днес  $X_0$  може да получим и по трети начин, като създадем портфейл, съставен от акция и опция, така че флукуациите на двете да се компенсират и да получим безрисков инструмент. По закона за монотонност този безрисков инструмент трябва да е еквивалентен на безрисков влог.

### Бинарен модел в два периода

Нека имаме три момента от време,  $t = 0, t = 1$  и  $t = 2$ . От всеки момент от време  $t$  към следващия  $t + 1$  цената може да се понижи с фактор  $d$  или повиши с фактор  $u$ . Факторът от олихвяването за един период отново означаваме с  $R$  и предполагаем, че  $0 < d < R < u$  и е изпълнено. Пространството от състояния  $\Omega$  се дава с „пътищата“ или редиците (в случая с дължина две) от движения надолу или нагоре, т.е.  $\Omega = \{\downarrow\downarrow, \downarrow\uparrow, \uparrow\downarrow, \uparrow\uparrow\}$ . За цената на акцията имаме  $S_1^{\downarrow} = S_0 d$ ,  $S_1^{\uparrow} = S_0 u$ ,  $S_2^{\downarrow\downarrow} = S_0 d^2$ ,  $S_2^{\downarrow\uparrow} = S_0 d u$ ,  $S_2^{\uparrow\downarrow} = S_0 u d$  и  $S_2^{\uparrow\uparrow} = S_0 u^2$ . Пълна информация кой път ни е отредила съдбата имаме в края на периода  $T = t = 2$ . В началото  $t = 0$  знаем само, че описаният модел съществува, но Хронос е скрил от нас кой път ни е отредила съдбата. В момента  $t = 1$  Хронос е дръпнал частично завесата на времето и вече ни е известно дали в първия период цената се е понижила  $\downarrow$  или

повишила  $\uparrow$  и с колко. Елементарните събития или атомите в момента  $t = 1$  са  $\{\downarrow\downarrow, \downarrow\uparrow\}$  и  $\{\uparrow\downarrow, \uparrow\uparrow\}$ . Пълна информация кой път ни е отредила съдбата имаме в края на света  $t = 2$ , когато атомарните събития са всеки отделен път  $\{\downarrow\downarrow\}$ ,  $\{\downarrow\uparrow\}$ ,  $\{\uparrow\downarrow\}$  и  $\{\uparrow\uparrow\}$ . Фактът, че нашата информация расте с времето се описва от филтрацията  $\mathcal{F}_0 \subset \mathcal{F}_1 \subset \mathcal{F}_2$  на алгебрите от събития. Алгебрата  $\mathcal{F}_t$  се поражда от елементарните събития в момента  $t$  и всевъзможните техни обединения. Нека отново  $X$  е опция от европейски тип върху  $S$ , т.е.  $X_2$  е явна функция на цената на акцията  $S_2$  в момента  $t = 2$ . Повтаряме няколко пъти процедурата от случая на един период, като се движим назад във времето. Резултатът е  $RS_1^\downarrow = q^\uparrow S_1^{\downarrow\uparrow} + q^\downarrow S_1^{\downarrow\downarrow}$ ,  $RS_1^\uparrow = q^\uparrow S_1^{\uparrow\uparrow} + q^\downarrow S_1^{\uparrow\downarrow}$  и  $RS_0 = q^\uparrow S_1^\uparrow + q^\downarrow S_1^\downarrow$ , където  $q^\uparrow$  и  $q^\downarrow$  са същите, както по-горе. Това записваме компактно  $RS_t = E^q(S_{t+1} | \mathcal{F}_t)$ , а дясната страна означава математическото очакване на  $S_{t+1}$  относно вероятността  $q$  при условие, че е дадена информацията  $\mathcal{F}_t$ . С други думи, вероятността  $q$  е така конструирана, че цената на акцията, коригирана с лихвения коефициент  $R$ , да е мартингал. Използвайки същата мартингална вероятност  $q$ , цената на опцията се дава с  $R^{T-t} X_t = E^q(X_T | \mathcal{F}_t)$ , което отново е мартингал.

### Случайно блуждаене. Мартингали

Преди да разгледаме общия случай ще се спрем на еквивалентната задача за случайно блуждаене. Непрекъсната граница на случайно блуждаене с подходящо отношение на мащабите на времевата стъпка към пространствената стъпка дава това, което днес възприемаме като математически модел на брауново движение. Нека да отбележим, че при случайно блуждаене елементарните стъпки се събират, докато в примера по-горе елементарните фактори се умножават. Последният процес се нарича геометрично случайно блуждаене, а непрекъсната му граница е геометрично брауново движение<sup>8</sup>. Те се получават с експоненциране на обикновеното (аритметично) случайно блуждаене и брауново движение.

Започваме с процес на Бернули. Хвърляме монета, която с вероятност  $p$  дава ези и с  $1 - p$  дава тура. Може да си представим случайна величина  $\beta$ , взимаща стойности 1 и 0 с вероятност  $P(\beta = 1) = p$  и  $P(\beta = 0) = 1 - p$ . След като сме на тема хазарт и спекулации, защо да не си представим това като игра, при ези печалбата ни е 1, при тура 0. (Много приятна игра за нас, но неприятна игра за опонента. Такава игра е несправедлива, т.е. не е мартингал.) Продължаваме с тази игра  $n$  пъти. Печалбата ни на  $n$ -та стъпка е  $B_n = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$ . Разглеждайки  $n$  като дискретно време, получаваме случаен процес, процеса на Бернули. Да пресметнем очакването и вариацията на  $B_n$ . Имаме  $E(\beta_i) = p$  и  $Var(\beta_i) = p(1 - p)$ . Вариацията на случайна величина  $\eta$  се дефинира като  $Var(\eta) = E(\eta - E\eta)^2 = E\eta^2 - (E\eta)^2$ . Очакването е линейно и следователно  $E(B_i) = np$ . Опитите на Бернули  $\beta_i$  са независими случайни величини и следователно вариацията

<sup>8</sup> Да напомним, че съгласно предложението на Осборн цената на акцията следва геометрично брауново движение.

на  $B_n$  е сума от вариациите на  $\beta_i$ , т.е. или  $Var(B_n) = np(1 - p)$ . Каква е вероятността след  $n$  стъпки печалбата ни да е  $k$ ? Пространството на състоянията  $\Omega$  в нашия случай се дава с редици  $\underline{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots)$  от ези/тура или  $+/ -$ . Може да си мислим редиците или безкрайни, или с фиксирана крайна дължина  $N$ . На всяко отделно  $\underline{\omega}$  съответства път върху триъгълника на Паскал, параметризиран с  $n$  (време) и  $k$  (печалба). За всеки път от  $(0, 0)$  до  $(n, k)$  имаме  $k$  пъти ези и  $n - k$  пъти тура. Вероятността за всеки такъв път е  $p^k(1 - p)^{n-k}$ . Ако броят на такива пътища е  $\binom{n}{k}$ , то получаваме  $P(B_n = k) = \binom{n}{k} p^k(1 - p)^{n-k}$ .

### Уравнение на Пингала. Дискретна дифузия

Да намерим уравнение за тези коефициенти. До точката  $(n, k)$  стигаме само ако в предишния момент сме били в  $(n - 1, k)$  или в  $(n - 1, k - 1)$ , т.е. диференчното уравнение

$$\binom{n}{k} = \binom{n-1}{k-1} + \binom{n-1}{k}$$

трябва да е изпълнено. Налагайки

$$\binom{0}{k} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases}$$

за гранично условие, решението на тази гранична задача са добре известните биномни коефициенти

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Това уравнение свързваме с Паскал и триъгълника на Паскал, но тази комбинаторна задача е решена повече от хилядолетие и половина по-рано от Пингала (Pingala) в негови изследвания на поетични метрики. Може би е редно да го наричаме уравнение на Пингала. (Пингала е индийски математик, живял между четвърти и втори век преди новата ера.)

Както вече отбелязахме, хазартната игра, съответстваща на процеса на Бернули, не е справедлива игра. За да имаме справедлива игра, трябва на всяка стъпка средното да е нула. Обобщаваме процеса на Бернули, като правим афинна трансформация  $\xi = (x_+ - x_-)\beta + x_-$  на отделната стъпка, т.е. хвърляме същата монета, но сега правим крачка  $x_+$  при ези и крачка  $x_-$  при тура. Нека  $x_- < x_+$ . Означаваме с  $\mu = x_+p_+ + x_-p_-$  средното на  $\xi$ , а стандартното отклонение или корен от вариацията с  $\sigma = (x_+ - x_-)\sqrt{p_+p_-}$ . За удобство преозначихме  $p_+ = p$  и  $p_- = 1 - p$ . Ако параметризираме стъпката чрез  $\mu$  и  $\sigma$ , получаваме  $x_{\pm} = \mu \pm \sigma(p_+p_-)^{-1/2}$ . Нека  $\Xi_n = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n$  е новото случайно блуждание. Веднага получаваме  $E(\Xi_n) = n\mu$  и  $Var(\Xi_n) = n\sigma^2$ . Процесът е мартингал, ако няма дрейф, т.е.  $\mu = 0$ . Симетричното случайно блуждаене се задава с  $x_{\pm} = \pm 1$  и  $p_{\pm} = 1/2$ . Да сменим променливите на  $t = n$  и  $x = 2k - n$ . Да означим  $V(t, x) = P(\Xi_t = x)$  вероятността блуждаещата частица в

момента  $t$  да се намира в  $x$  в симетричния случай. Тази вероятност вече я сметнахме и се дава с

$$V(t, x) = 2^{-t} \binom{t}{(t+x)/2}.$$

Уравнението на Пингала, модифицирано за  $V$ , е

$$2V(t+1, x) = V(t, x-1) + V(t, x+1),$$

или още по-добре

$$V(t+1, x) - V(t, x) = \frac{1}{2}(V(t, x+1) - V(t, x)) - \frac{1}{2}(V(t, x) - V(t, x-1)),$$

което очевидно е дискретизация на едномерното дифузионно уравнение

$$u_t = \frac{1}{2} u_{xx}.$$

### Условно очакване. Мартингали

Няколко пъти споменаваме думата мартингал и казахме, че една хазартна игра е справедлива, ако процесът на натрупване на печалба е мартингал. Време е да дефинираме това понятие, което е ключово за финансовата математика. Едно вероятностно пространство се състои от множество  $\Omega$  на състоянията, или извадките, или елементарните събития, заедно с алгебра от събития  $\mathcal{F}$  и вероятностна мярка  $P$ . Алгебрата от събития е колекция от събития (подмножества на  $\Omega$ ), затворена относно обединение, сечение и допълнение на събития, т.е. за събития може да изказваме съждения, използвайки „или”, „и” и „не”. Алгебрата  $\mathcal{F}$  разглеждаме като информацията, която имаме за  $\Omega$ , т.е. това са тези съждения за  $\Omega$ , които са „позволені”. (В елементарните примери  $\Omega$  е крайно множество, но в общия случай трябва да позволим и изброими обединения и сечения. Когато  $\Omega$  е крайно  $\mathcal{F}$ , се характеризира със своите атоми, т.е. събития, които не могат да се представят като обединение на други събития от  $\mathcal{F}$ . Очевидно атомите задават разбиване на  $\Omega$  и обратно, всяко разбиване поражда алгебра от събития.) Вероятността  $P$  е адитивно изображение от  $\mathcal{F}$  в единичния интервал. Случайна величина  $\xi$  е изображение от  $\Omega$  в реалните числа, такова, че  $\xi$  е  $\mathcal{F}$ -измеримо. (Когато  $\mathcal{F}$  е атомарно, измеримостта на  $\xi$  означава, че  $\xi$  върху един атом не може да взема различни стойности.) Очакването  $E(\xi)$  е число, което получаваме като вземем средното на стойностите на  $\xi$ , претеглени с вероятностната мярка. Нека имаме друга алгебра  $G$ , която съдържа по-груба информация, т.е.  $G \subset \mathcal{F}$ . Изобщо  $\xi$  може да не е константа върху отделните атоми на  $G$ , понеже атомите на  $G$  може да са обединение на атоми на  $\mathcal{F}$ , или накратко  $\xi$  няма да бъде  $G$ -измеримо. Случайната величина, която е най-доброто приближение до  $\xi$  и е  $G$ -измерима, е условното очакване  $E(\xi|G)$ . То се получава като усредним  $\xi$  върху атомите на по-грубата алгебра. Сега оставяме дискретното време  $n$  да тече. Приемаме, че информацията за системата расте с времето,

следователно имаме информационна структура, зададена с филтрация  $\mathcal{F}_0 \subset \dots \subset \mathcal{F}_n \subset \dots \subset \mathcal{F}_N$  от алгебри от събития. Да разгледаме и случаен процес  $\xi_n$ , т.е. случайна величина, зависеща от времето  $n$ . Нека  $\xi_n$  е  $\mathcal{F}_n$ -измерим (казваме, че процесът е адаптиран към филтрацията). Процесът е мартингал, ако  $\xi_m = E(\xi_n | \mathcal{F}_m)$  за  $m \leq n$ , което казва, че „очакването днес на величината утре е равно на стойността днес” или ако сме на хазартна тема, „очакваното богатство утре е равно на богатството днес”. Лесно се показва следното свойство на условното очакване:  $E(E(\xi|G_2) | G_1) = E(\xi|G_1)$ , когато  $G_1 \subset G_2$ . В някакъв смисъл това свойство е теорема на Фубини (докато на английски се нарича tower property). Оттук веднага заключаваме, че при дадени филтрация  $(\mathcal{F}_n)$  и случайна величина  $\xi$ , която е  $\mathcal{F}_N$ -измерима, може да получим мартингал, дефинирайки  $\xi_m = E(\xi | \mathcal{F}_m)$ . Точно така дефинирахме на прост пример цената на опцията.

Да обобщим в няколко изречения ключовите елементи в модела на Блек-Шолс-Мертон. Първото предположение е: динамиката на цената  $S_t$  на базовия актив, акцията, е геометрично брауново движение, подчиняващо се на уравнение за дифузия. Второто ключово предположение, за липса на арбитраж, води до дефиниране на безрискова или мартингална вероятност  $Q$ , така че цената на базовия актив (обезценен с фактора  $e^{-r\Delta t}$ , където  $\Delta t$  е интервал от време, а  $r$  е безрисковият лихвен процент) е мартингал, т.е.  $e^{r(T-t)} S_t = E(S_T | \mathcal{F}_t)$ . Тук  $\mathcal{F}_t$  е информационната структура, породена от процеса  $S_t$ . От принципа за липса на арбитраж следва, че цената на всяка опция  $X_t$  върху  $S_t$ , която е от европейски тип, т.е.  $X_T = f(S_T)$  за някаква известна функция  $f$ , се дава с процеса  $X_t = e^{-r(T-t)} E(X_T | \mathcal{F}_t)$ . Процесът  $X_t$  удовлетворява уравнението на Блек-Шолс, което е уравнение от дифузионен тип.

Накратко разгледахме модела на Блек-Шолс-Мертон. Финансовата математика не е спряла след въвеждането на този модел, напротив последните 30 години търпи експоненциално развитие. **Като заключение** ще спомена, че математическата физика играе ключова роля не само при модела БШМ, но и в редица други случаи. Пример за това са работите на Дидие Сорнет (Didier Sornette) – френски физик и геофизик, специалист по критични явления, самоорганизация в сложни системи и предсказване на катастрофични явления. Разработеният от него модел за предсказване на големи земетресения той използва за предсказване на финансови сривове. Според неговия анализ такъв срив се е очаквал в средата на октомври 1997 г. За да докаже, че моделът му работи, той започва да купува, с колкото пари е разполагал, пут опции, които биха донесли голяма печалба при срив на пазара. Предсказанието му бърка с около седмица, но все пак на 27 октомври пазарите се сриват. Нюйоркската борса затваря преждевременно, за да се избегне още по-голяма катастрофа. Печалбата за Сорнет от този ден е 400%.



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ  
ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО  
„АКАД. ГЕОРГИ НАДЖАКОВ”

ПРОЕКТ ИНЕРА, ЛАБОРАТОРНА АПАРАТУРА,  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ВЪЗМОЖНОСТИ

СИСТЕМА ЗА АТОМНО ПОСЛОЙНО ОТЛАГАНЕ

СИСТЕМА ЗА ПЛАЗМЕНО-СТИМУЛИРАНО  
ХИМИЧЕСКО ОТЛАГАНЕ ОТ ГАЗОВА ФАЗА

В периода 29 септември-1 октомври в град София, хотел Новотел, Институтът по физика на твърдото тяло към БАН организира първия от поредица семинари по проект ИНЕРА – „REGPOT-2012-2013-1 NMP ПОВИШАВАНЕ НА НАУЧНИЯ И ИНОВАЦИОННИЯ КАПАЦИТЕТ НА ИФТТ-БАН В ОБЛАСТТА НА МНОГОФУНКЦИОНАЛНИТЕ НАНОСТРУКТУРИ”, част от Седма рамкова програма за научни изследвания на ЕС.

Семинарът имаше обучителен характер и беше с название: „Научно оборудване по Инера: технологии и методи за характеризиране“. В семинара взеха участие голям брой представители на ИФТТ и БАН, трима чуждестранни лектори и други заинтересовани.

Програмата на семинара включваше представяне на богатата гама от научноизследователска апаратура, прецизни методики и технологии, с които разполага ИФТТ, както и официалното представяне и начин на работа на две от новозакупените апаратури, разположени в чиста стая от клас 10000:



Общ вид на чистата стая

1. СИСТЕМА ЗА АТОМНО ПОСЛОЙНО ОТЛАГАНЕ  
(Atomic Layer Deposition – ALD)

BENEQ TFS 200

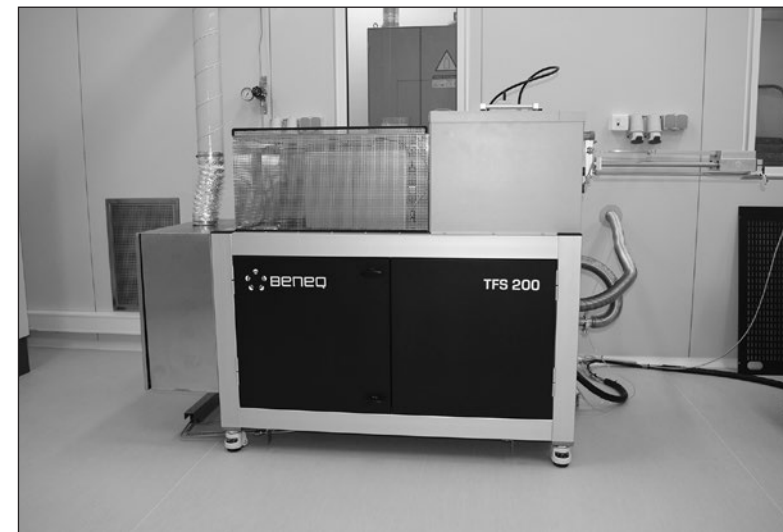
Получената в рамките на европейския проект ИНЕРА апаратура TFS 200 на фирмата Beneq дава възможност за термично и плазмено-стимулирано отлагане на атомни слоеве от няколко ангстрьома. Използва се капацитивна плазма, което е днешният стандарт в тази област. TFS 200 може да покрива със

слоеве както плоски подложки, така и тримерни обекти с произволна форма. TFS 200 има уникални възможности за работа с различни прекурсори в различни режими при температури до 400° C.

Апаратурата разполага с 6 различни газови линии и резервоари за 4 течни и 3 нагревани източника, чието комбиниране дава възможност за отлагане на разнообразни по химичен състав слоеве. Специална вакуумна камера дава възможност за бързо нагряване и охлаждане. Апаратурата позволява висока скорост на отлагане – под 2 сек. за един цикъл.

Области на приложение на ALD

- изолиращи и дифузионни слоеве в микроелектрониката
- MEMS – изолаторни покрития, ецващи маски, хидрофобни слоеве
- бариерни слоеве в органично-електрониката
- отлагане на функционални слоеве за TFT, LCD, AMOLED дисплеи и сензорни екрани



Апаратура за атомно-слоино отлагане "BENEQ TFS 200"



Висококачествен генератор за плазмено-стимулирано отлагане на атомни слоеве



- електро-луминесцентни покрития
- пасивиране на повърхности
- биосъвместими покрития
- оптични и декоративни покрития



Част от екипа на ИНЕРА преди провеждането на експерименти по отлагане на атомни слоеве с ALD-апаратура

## 2. СИСТЕМА ЗА ПЛАЗМЕНО-СТИМУЛИРАНО ХИМИЧЕСКО ОТЛАГАНЕ ОТ ГАЗОВА ФАЗА (PECVD)

Получената в рамките на европейския проект ИНЕРА уникална апаратура на Oxford Instruments “Nanofab Plasmalab System 100” е модерен многофункционален инструмент за различни процеси на обикновено химично отлагане на пари (CVD) и плазмено стимулирано химично отлагане на пари (PECVD). Системата има устройство за смяна на подложката при запазване вакуума в работната камера и е предназначена за подложки с размери 2"-8". Максималната температура на държача на подложката е 1200°C, което прави тази апаратура подходяща за нанасяне на графен. В реакционната камера може да бъде генерирана както радиочестотна (MHz), така и нискочестотна (kHz) плазма. Системата е оборудвана с шест газови линии, което позволява извършването на голямо разнообразие от химични процеси.

### Области на приложение на PECVD

- полупроводникова индустрия;
- производство на чипове, MEMS;
- покрития за импедансна спектроскопия на биологични обекти;
- антикорозионни покрития;
- механично-твърди покрития;
- бариерни слоеве;
- пасивиращи покрития.



Апаратура за отлагане на графен и въглеродни нанотръбички: „Nanofab Plasmalab System 100”

Проектът ИНЕРА има за цел да се повишат и консолидират съществуващите знания и опит в Института по физика на твърдото тяло, както и в други институти на БАН и на Физическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски” в областта на науката и технологиите на тънкослойни магнитни, диелектрични и полупроводникови материали и структури на тяхна основа. Подкрепени от теоретични изследвания и математическо моделиране, разработените новофункционални планарни наноматериали ще бъдат оптимизирани за иновативни приложения в наномедицината, акусто- и микроелектрониката, слънчевата енергетика, екосензорната техника и др. За успешното и ефективно реализиране на тези дейности допринасят и партньорите по проекта, които са 8 утвърдени научни института от Великобритания, Холандия, Германия, Швеция, Полша, Румъния и Италия. Формират се международни колективи за обмяна на опит и съвместни научноизследователски дейности по възлови проблеми на съвременните технологии в областта на физиката на твърдото тяло.

## „ТОМСЪН РОЙТЕРС“ ВРЪЧИ НАГРАДА – първо място – за високи резултати в сферата на науката, на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН

Министерството на образованието и науката на Република България организира всяка година конкурс за значителен принос в развитието на науката в страната ни – наградите „Питагор“. За първи път тази година в рамките на церемонията наукометричните агенции „Елзевир“ и „Томсън Ройтерс“ връчиха награди на български научни организации за високи резултати в сферата на науката. Данните на Томсън Ройтерс са най-големият съществуващ източник на библиографски данни в света. Данните са достъпни на сайта Web of Science (WoS). Те се използват в най-престижни световни класации и процедури по оценяване на научноизследователската дейност. Томсън Ройтерс е основател на концепцията за индекс на цитиранията – импакт фактор. Данните в продукта InCites на „Томсън Ройтерс“ са нормализирани, усреднени



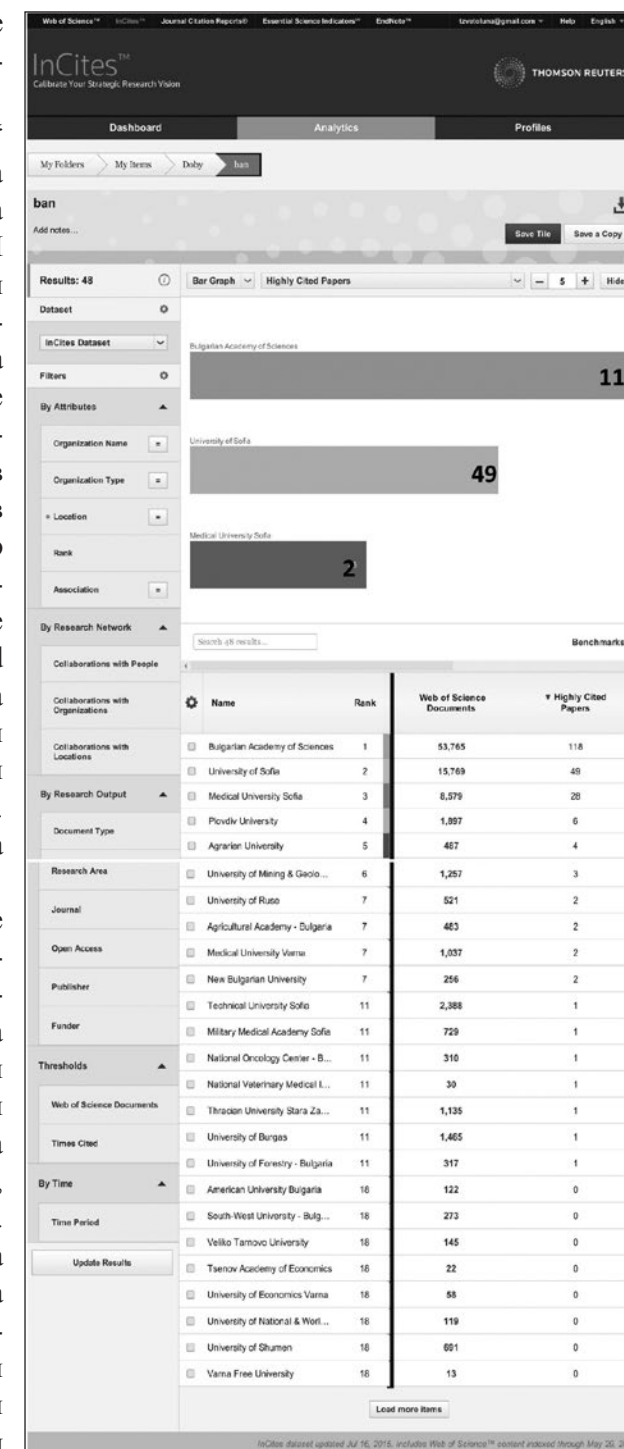
Отличителен знак и грамота на наградата на „Томсън Ройтерс“. Наградата се присъжда на институция, която има най-голям брой публикации в издания с импакт фактор и които са сред най-цитираните в света. **Институтът за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН** е българската научна организация с най-влиятелни публикации и най-много цитирания на статии.

и позволяват анализи и сравнение между различни научни направления, институции, автори и т.н.

Агенцията „Томсън Ройтерс“ официално награди Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН. ИЯИЯЕ-БАН има повече публикации в издания с импакт фактор и повече най-цитирани публикации в света за последните 5 години в сравнение с 24 български академични институти и университети, попаднали в ранг класирането. Научният състав на института заема първо място по трите показателя за високо научно качество – Essential Science Indicators for highly cited, top and hot papers. Наградата бе връчена от г-н Дейвид Хорки – регионален мениджър в издателство „Томсън Ройтерс“. Наградата прие чл.-кор. Чавдар Стоянов, председател на научния съвет на ИЯИЯЕ-БАН.

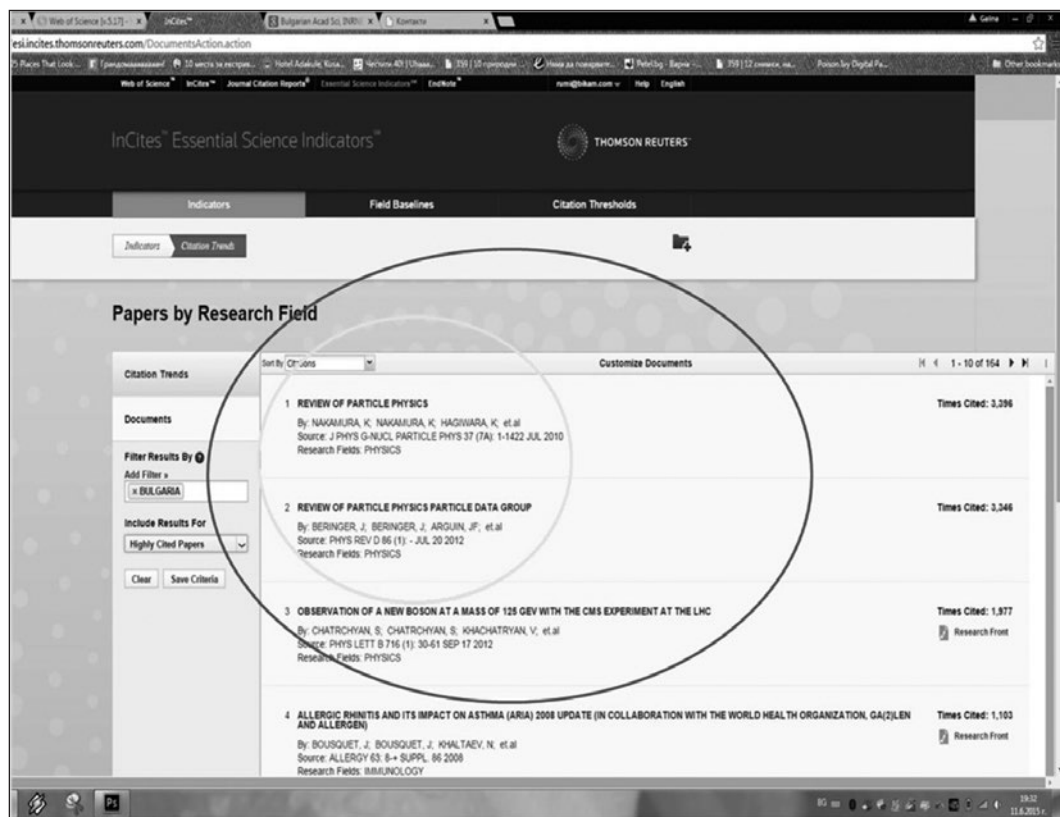
На церемонията, която се проведе на 18 юни 2015 г. в столичния хотел „Балкан“, присъстваха председателят на Българската академия на науките акад. Стефан Воденичаров, ректори на висши училища, досегашни носители на наградата „Питагор“, журналисти, преподаватели, учени и политици.

По време на церемонията бяха изнесени данни, от които става ясно, че БАН има повече публикации в издания с импакт фактор и повече най-цитирани публикации в света отколкото всички останали





24 български университети и академии, попаднали в ранг класацията на „Томсън Ройтерс“. Представителна извадка на вида данни, които могат да се генерират от софтуера InCites на „Томсън Ройтерс“, е представена на двете графики.



Материалът е подготвен по информация на „Томсън Ройтерс“, Цветелина Димитрова. Фотографии: Петър Живков и Анна Дамянова

Бойко Вачев

## БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО „АКАД. ГЕОРГИ НАДЖАКОВ“

### ПРОЕКТ ИНЕРА, ЛАБОРАТОРНА АПАРАТУРА, ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ВЪЗМОЖНОСТИ ФЕМТОСЕКУНДНА ЛАЗЕРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕН СПЕКТРАЛЕН ЕЛИПСОМЕТЪР

От 5 до 7 октомври 2015 г. в град София Институтът по физика на твърдото тяло към БАН организира втория обучителен семинар по проект ИНЕРА – „REGPOT-2012-2013-1 NMR ПОВИШАВАНЕ НА НАУЧНИЯ И ИНОВАЦИОННИЯ КАПАЦИТЕТ НА ИФТТ-БАН В ОБЛАСТТА НА МНОГОФУНКЦИОНАЛНИТЕ НАНОСТРУКТУРИ“, част от Седма рамкова програма за научни изследвания на ЕС.

Темата на втория обучителен семинар „НАУЧНО ОБОРУДВАНЕ ПО ИНЕРА: ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИ ЗА ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ“ беше представена от поканените лектори: Imre Szilágyi, Michele Giocondo, Enzo Cazzanelli, Jerome Leclercq, James O'DONNELL, Любомир Ковачев и Екатерина Йорданова. В дискусиите взеха активно участие научни работници от ИФТТ и от други институти на БАН.

На втория обучителен семинар беше представена апаратурата: ФЕМТОСЕКУНДНАТА ЛАЗЕРНА СИСТЕМА, доставена от водещия световен производител "Spectra-Physics". Тя се състои от:

- титан-сапфиров регенеративен усилвател модел „Spitfire Ace“;
- осцилатор „Mai Tai SP“;
- напмпващ лазер „Empower 45“;
- оптичен параметричен усилвател „TOPAS Prime“.

Титан-сапфиреният регенеративен усилвател „Spitfire Ace“ е с продължителност на импулса ~35 fs и енергия в импулса ~6 mJ. Диаметърът на лазерното лъчение е 10 mm. Напмпващият лазер „Empower 45“ е със средна изходна мощност над 45 W. Той е идеален за напмпване на титан-сапфирени усилватели, като диодното напмпване позволява висока стабилност на енергията на импулса – 0.5% rms. Оптичният параметричен усилвател „TOPAS Prime“ е представител на най-съвременните инструменти за честотно преобразуване на лъчението. Системата може да генерира лъчение от далечната ултравиолетова област до далечната инфрачервена област (189–2000 nm), като в процеса на работа се запазват времевите характеристики на напмпващото лъчение. Комбинацията на „Spitfire Ace“ със „Spectra Physics“



XP“, „Mai Tai SP“ и „Empower 45“ осигурява най-стабилните изходни параметри, които могат да се получат от регенеративния усилвател от титан-сапфир. Високата стабилност на „Spitfire Ace“ го прави идеален за напompване на различни системи за оптично параметрично усилване.

#### Области на приложение

- изучаване на динамиката (времево зависими процеси) на физични, химични и биологични процеси;

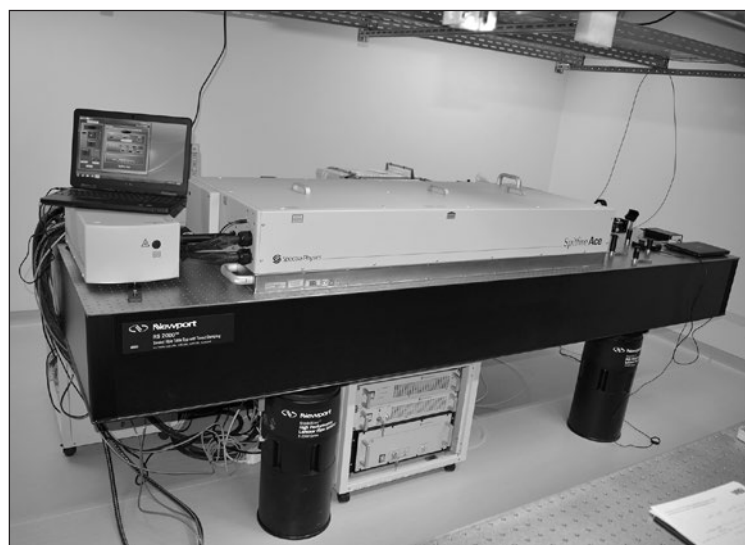
- модифициране на материали;
- биомедицински приложения;
- спектроскопия.

АВТОМАТИЧНИЯТ СПЕКТРАЛЕН ЕЛИПСОМЕТЪР модел M2000D на технологичния лидер в производството на спектрални елипсометри американската компания Woollam позволява оптично характеризиране на тънки диелектрични, полупроводникови, метални и органични слоеве, на многослойни структури и на течни образци.

Основни характеристики на апаратурата:

- спектрален диапазон – 195-1000 нм;
- фиксиран ъгъл – 60° или 65°;
- променлив ъгъл – 45°-90°;
- хоризонтална автоматична промяна на ъгъла – 45°-90°;
- вертикална автоматична промяна на ъгъла – 20°-90°;
- фокусиране – 65°.
- скорост на събиране на данните – от 0.5 до 5 сек. за целия спектрален интервал;

Спектралният диапазон, в който работи системата (от 195 нм до 1000 нм), е особено подходящ за определяне на оптичните константи и дебелини на полупроводникови и оксидни слоеве. Важна характеристика на придобития елипсометър е, че в областта на късите дължини на вълните чувствителността на прибора се повишава и позволява характеризиране на про-



Фемтосекундна лазерна система

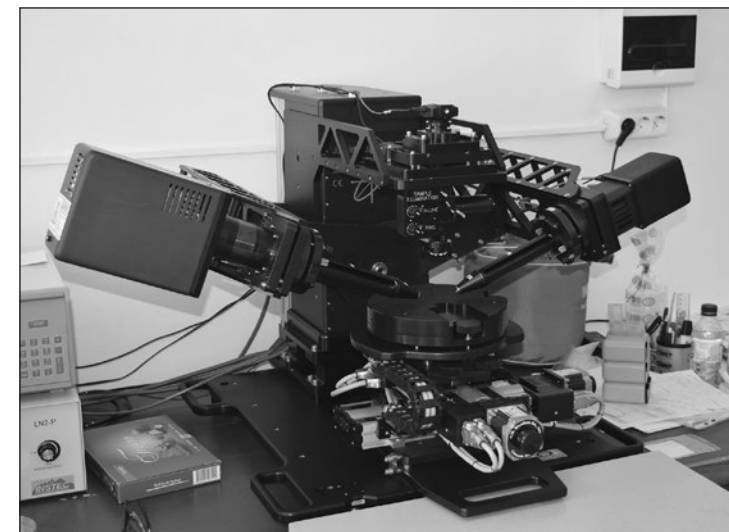
би от свръхтънки слоеве с дебелини под 0.1 нм. Това позволява определяне на местата, където има еднослойни атомни структури и многослойни атомни структури.

#### Области на приложение

- Производството на плоски екрани – качествен контрол на прозрачни проводящи слоеве като ITO, слоеве на аморфен и нанокристален силиций, тънки слоеве на оксиди и нитриди, фоторезисти.

- Характеризиране на материали при научни изследвания в областта на химията, физиката и биологията
- Микроелектроника – определяне на физични свойства на органични покрития
- Фотоволтаична индустрия – едновременно измерване и оценка на повърхностните неравности (грапавост) и оптични свойства на покрития върху поликристални подложки.
- In-situ мониторинг и контрол на различни процеси при получаването на покрития.

Проектът ИНЕРА по 7 РП на ЕС има за цел да се повишат и консолидират съществуващите знания и опит в Института по физика на твърдото тяло към БАН. Мисията на Института е получаване на фундаментални знания по физика на кондензираната материя, оптиката, спектроскопията и лазерната физика; приложението им за създаване на нови материали, устройства и аналитични методи за микро- и нано-технологиите, както и за нови подходи в интердисциплинарни области на физиката с биологията, екологията, медицината, археологията; трансфер на получените резултати към икономиката на България. Основните научни и научно-приложни постижения на Института са в областта на квантовата теория на твърдото тяло, теорията на фазовите преходи, свръхпроводимостта и свръхпроводимите материали, физиката на ниските температури, нанофизиката, микроелектрониката и микроакустиката, физиката на течните кристали, физиката на живата материя, изследването на структурата и свойствата на кристални и аморфни материали, физиката на атома и плазмата, нелинейната, интегралната и влакнестата оптика, физиката на лазери с метални пари.



Автоматичен спектрален елипсометър

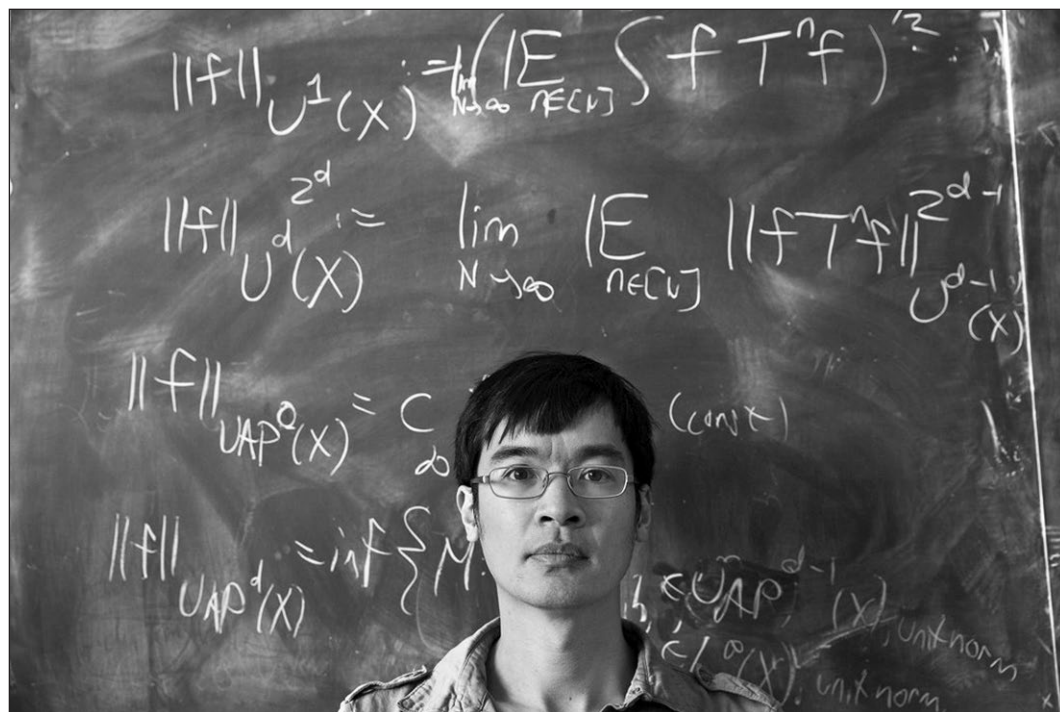
## ОСОБЕНИЙТ УМ НА ТЕРИ ТАО

ЕДНО ДЕТЕ-ЧУДО ПОРАСТВА, ЗА ДА СТАНЕ  
ЕДИН ОТ НАЙ-ГОЛЕМИТЕ СВЕТОВНИ МАТЕМАТИЦИ

Гарет Кук

През този април, докато студентите се разхождат по улицата край скромния му офис в кампуса на Университета на Калифорния в Лос Анджелис, математикът Терънс Тао размишлява върху възможността водата спонтанно да експлодира. Поведението на течности като нея се описва от една система уравнения, която се използва широко, обаче в тези уравнения като че ли няма нищо, казва ми той, което би попречило на някой своенравен вихър да се усуче върху себе си, навивайки се в бясна спирала, докато плътността на енергията в ядрото му стане безкрайна: една катастрофална „особеност“. Изглежда, че подхвърляйки стотинка във фонтана край университетския център или изпускайки камък от брега на Санта Моника, някой би могъл да предизвика верижна реакция, която да унищожи Южна Калифорния.

Това не изглежда реалистично. Но всъщност, пояснява Тао, никой не може да каже точно по каква причина. Това е главоблъсканица, съществуваща от десетилетия,



и Тао напоследък работи върху един подход към нейното решение – отчасти чудноват, отчасти направо абсурден, като някой изгубен пасаж от „Приключенията на Алиса в Страната на чудесата“.

Представете си, казва той, че някой ужасно умен успее да конструира машина от чиста вода. Тя би била построена не от лостове и зъбни колела, а от взаимодействащи струи. Докато говори, Тао вае форми във въздуха с ръцете си като илюзионист. А сега си представете, продължава той, че тази машина може да прави свои по-малки и по-бързи копия, които на свой ред могат да правят нови, и така нататък, докато „се получи безкрайна скорост в едно мъничко пространство и то избухне“. Тао не предлага да се направи такава машина – „Не знам как!“, казва той, смеейки се. Това е просто мислен експеримент като тези, използвани от Айнщайн, за да развие специалната теория на относителността. Обаче, обяснява Тао, ако той би могъл да покаже математически, че по принцип няма нищо, което би попречило едно такова дяволско приспособление да проработи, това би означавало, че водата всъщност би могла да експлодира. И би се оказало, че по пътя той е решил проблема за глобалната регулярност на уравненията на Навие-Стокс, който, след възникването си преди повече от век, се е превърнал в един от най-важните в цялата математика.

Тао, в момента на 40 години, седи до прозореца зад бюро, по чиито краища лежат купове хартия. Слаб и непретенциозен, той е облечен в Биркенстоке<sup>1</sup>, измачкана синьо-сива риза с къс ръкав и джинси с обърнати маншети. Зад него малък диван в бадемов цвят гледа към покрити със символи черна дъска, разположена по протежение на цялата стая. Диванът е дръпнат на разстояние от стената, за да има място за очукания велосипед марка Трек, с който той ходи на работа. В другия край на стаята стои етажерка от талашит, затрупана безразборно с книги, между които „Компактност и противоречие“ и „Заветите на Поанкаре, част I“ – две от 16-те книги, написани от Тао от времето, когато е бил тийнейджър.

Славата е дошла рано при Тао, който е роден в Южна Австралия. Едно старо заглавие във вестник „Адвъртайзър“, излизаш в родния му град, гласи: „МАЛКИЯТ ТЕРЪНС, НА 7 ГОДИНИ, Е ГИМНАЗИАЛНА ЗАБЕЛЕЖИТЕЛНОСТ“. На изрезката се вижда снимката на дребничкия Тао в час по математика за 11 клас, облечен в пуловер с шпиц деколте върху бяло поло, стоящ на колене върху стола си, за да може да достига чина, който споделя с момиче, повече от два пъти по-възрастно от него. Учителят казал на репортера, че едва ли може да научи Тао на нещо, тъй като той бил винаги с два урока напред от другите. (Тао се бил научил да чете на двегодишна възраст.)

Няколко месеца след това, преполовил учебната година, Тао вече започва да посещава часовете по математика за 12 клас. Три години по-късно, на 10-годишна

<sup>1</sup> В случая става дума за сандалите на фирмата за облекла и обувки Birkenstock, чийто американски клон става популярен в Щатите точно по време на хипи-движението (всички бележки под черта са пояснения на преводача).

възраст, става най-младият човек в историята, спечелил медал на Международната математическа олимпиада. След това той печели много други награди, включително стипендията „за гении“ МакАртър и Филдсовия медал, на който се гледа като на Нобелова награда за математици. Днес мнозина смятат Тао за най-добрия математик от неговото поколение.

През онзи пролетен ден в своя кабинет, говорейки за своята досегашна кариера, Тао ми споделя, че неговите възгледи за математиката от детството са се променили напълно. „Докато растях, аз си знаех, че искам да стана математик, но нямаш идея какво означава това“, казва той с напевен австралийски акцент. „Представях си, че някаква комисия ще ми дава да решавам задачи или нещо такова.“ На практика обаче работата на истинските математици много слабо наподобява това, което студентът по математика трябва да пресметне или запомни. Може да се окаже, че дори онези, които през студентските години са се радвали на големи успехи, не притежават необходимите качества. Тао открива, че древното изкуство на математиката не възнаграждава толкова бързината, колкото търпението, сръчността и, може би най-изненадващо, особената дарба за сътрудничество и импровизация, отличаваща най-добрите музиканти в джаза. Сега Тао смята, че неговото по-младо аз, детето-чудо, поразило математическия свят, въобще не е правило математика. „Това е както ако в музиката единственият ти опит е бил упражняването на гами или ученето на музикална теория“, каза той, загледан в светлината, струяща през прозореца му. „Не схващах по-дълбокия смисъл на предмета до много по-късно.“

Може би най-големият математик след античността е Карл Фридрих Гаус, един мрачен германец, роден в края на XVIII век. Той не се погажда със собствените си деца и държи някои важни резултати само за себе си, смятайки ги за неподходящи за излагане пред публика. Те са открити сред книгата му след неговата смърт. И преди, и след него хрониките в тази област изобилстват с вариации на темата за саможиви хора – от Исак Нютон, самотникът със свиреп нрав, до Джон Наш, „красивият ум“, чиито работи формират икономическата и даже политическата наука, но който е опустошен от параноични заблуди и, по-наскоро, Григорий Перелман, руснакът, който преодолява сам хипотезата на Поанкаре, а след това отказва Филдсовия медал и който оставя ноктите си да растат, докато започнат да се закривяват.

Обратно на това, Тао е, както се изразява един колега, „супер нормален“. Той има дружеско, пренебрежително към себе си държане. Отбягва предложения за работа от престижни институти по източния бряг в полза на спокойната, без драми катедра в мястото, където може да се наслаждава на времето. Когато преподава, внушава чувството, че математиката е забавление. Негов студент ми споделя, че наскоро се е шегувал с друг такъв за многото начини, по които Тао избягва всички сравнения с холивудските образи на побъркани гении. „Те никога няма да направят филм за него“, ми казва той. „Той няма бурен живот. Има семейство и те изглеждат щастливи и той обикновено е усмихнат.“

Коренът е в неговото собствено детство, което той възприема като супернормално, макар че за външни очи то може да е всичко друго, но не и това. През повечето от ранните години на Тао семейството му живее в подножието на планината южно от Аделаида, в тухлена къща с полуэтаж с изглед към залива Св. Винсент. Къщата е проектирана от баща му Били, педиатър, емигрирал заедно с майката на Тао, Грейс, от Хонконг през 1972 г., три години преди Тао, най-голямото от трите им деца, да бъде роден през 1975 г. Трите момчета – Найджъл, Тревър и „Тери“, както всички го наричат – често играят заедно и любимото им занимание е да си измислят игри на дъска. Обикновено приспособяват за основна рамка игрална дъска за скрабъл<sup>2</sup>, към която според Найджъл, който сега работи за Гугъл, добавят плочки за скрабъл, шахматни фигури, плочки за маджонг<sup>3</sup> и зарове за „Подземя и дракони“<sup>4</sup>.



Тери Тао на 7 години в 11-и клас на математическата паралелка

Често извличат сюжети от видеоигрите, съществуващи по това време, като Братята Супер Марио<sup>5</sup>, върху които наслояват сложни, ексцентрични правила. (Тревър, юношески шампион по шахмат, става твърде добър, за да може да бъде победен и затова момчетата измислят вариации на тази игра: всеки рунд от нея започва с хвърляне на зар, чрез който се определя коя фигура може да семести.) Тао е ненаситен консуматор на книги с фантастика като серията за Света на диска на Тери Пратчет. Когато ученето в клас стане досадно, той си драска сложни карти на въображаеми земи.

Към пролетта на 1985 г., когато 9-годишният Тао разделя времето си между гимназията и близкия Университет Фландърс, Били и Грейс го вземат на 3-седмична американска обиколка, за да потърсят съвет от видни математици и образователни експерти. В Балтиморския кампус на „Джонс Хопкинс“ те се срещат с Джулиан Стенли, психолог от Джорджия, който основава там Център за даровити младежи. Тао е един от най-талантливите ученици по математика, които Стенли е изпитвал дотогава – на 8 години Тао е получил 760 точки в математическия дял на SAT – и все пак Стенли настоява двойката родители да не избързват и да дадат на сина си време да развие емоционалните и социалните си умения.

<sup>2</sup> Scrabble – много популярна игра с плочки с по една буква, които се подреждат в думи на дъска с 15 x 15 квадрата.

<sup>3</sup> Mahjong – китайска игра, в която участват 144 плочки с различни символи.

<sup>4</sup> „Dungeons and Dragons“ – ролева игра във въображаем свят на средновековни приключения.

<sup>5</sup> „Super Mario Bros“ – платформа за игра на Nintendo от 1985 г.



Дори и при относително умерените темпове към 17-ата си година Тао е завършил дипломната си работа („Оператори на конволюция с дясно-моногоенни и хармонични ядра“) и заминава за Принстън, където започва да работи по докторантурата си. Между документите за кандидатстване на Тао за университета има писмо от уважавания унгарски математик Паул Ердьош. „Уверен съм, че той ще се развие като първокласен, може би дори велик математик“, гласи кратката препоръка на Ердьош, написана на машина. „Препоръчвам го по възможно най-убедителния начин.“ Въпреки всичко, след пристигането си гениалният тийнейджър е уплашен. През първата година от следването му Ендрю Уайлс, тогава принстънски професор, обявява, че е доказал Последната Теорема на Ферма, легендарен проблем, останал нерешен повече от три века. Колеги на Тао от горните курсове разказват убедително за области от математиката, за които той едва е чувал.

Тао става известен с нощите, прекарани в докторантската компютърна зала с историческата симулационна игра „Цивилизацията“. (Сега отбягва компютърните игри, ми казва той, защото нещото, което сам нарича „стремеж към завършеност“, му пречи да спре да играе.) В местен магазин за комикси Тао среща кръг от приятели, които играят „Магията: Събранието“, сложна игра на въображението с карти. Това е първият истински случай, при който Тао започва да се среща с хора на неговата възраст, като той допуска, че в него присъства и елементът за освобождаване от напрежението на Принстън. Даровитите деца често избягват изпитания, в които не могат да блеснат. Преди да отиде в Принстън, оценките на Тао във Фландърс са били отлични. На една лекция по квантова физика преподавателят съобщава на групата, че финалният изпит ще включва и есе по историята на предмета. Тао, тогава на 12, се сдухва от учене и, когато сяда да бъде изпитан, е зашеметен от новината, че половината от оценката ще бъде оформена въз основа на есето. „Спомням си, че се разплаках“, казва Тао, „и квесторът трябваше да ме изведе навън“. Той се проваля.

В Принстън кризата идва под формата на „основните“ тежки, широкообхватни устни изпити, провеждани пред трима професори. Докато другите студенти прекарват месеци, трудейки се над комплектите задачи и полагайки тренировъчни изпити един пред друг, Тао залага на обичайната си предизпитна стратегия: зубрене в последната минута. „Влязох и много бързо се почувствах безпомощен“, казва той. „Задаваха ми въпроси, на които бях неспособен да отговоря.“ Веднага след това Тао отива при ръководителя си Илайъс Стейн с усещането, че не е оправдал очакванията му. Не е положил достатъчно усилия, а най-трудното едва започва.

Същността на работата на математика не се долавя чак до последните етапи на докторантското обучение, когато на студента се възлага да създаде ново знание под формата на оригинално доказателство. Обичайно е да запълваш месец след месец страница след страница в опити, само за да се окажеш с празни ръце точно на мястото, откъдето си тръгнал, или пък да осъзнаеш, че някакъв коварен логически пропуск е

обрекъл цялото занятие на неуспех още от самото начало. Стабилното състояние на едно математично изследване е пълното блокиране. То е процес, който Чарлз Феферман от Принстън, самият той едновременно дете-чудо, станало Филдсов медалист, оприличава на „игра на шах с дявола“. Само че правилата на демоничната игра са особени: макар че шахматното превъзходство на дявола е огромно, обяснява Феферман, ти можеш да връщаш ходовете си колкото искаш пъти, а дяволът не. Играете една партия и, разбира се, „той те разбива“. Тогава ти връщаш назад няколко хода и пробваш нещо друго, и той те разбива отново, „почти по същия начин“. Ако си достатъчно хитър, накрая може би ще откриеш ход, който да накара дявола да смени стратегията; все още губиш, но – аха! – получаваши своите първи указания.

Общността на хората, увлечени от математиката, е склонна да цени сигурността, логиката и стройността на резултата, така че тази игра се превръща в един вид мъчение. И все пак, това е нещото, пред което всеки кандидат-математик трябва да събере смелостта да се изправи: седмици, месеци, години срещу проблем, който може или дори не може да се отключи. Оказва се, че седиш в стая без врати и прозорци и можеш да крещиш и да вършиш всичко, каквото искаш, но никой не те слуша.

В рамките на тази общност Тао е известен най-вече с едно доказателство, отнасящо се до забележително множество от числа, известни като прости. Прости са целите числа, по-големи от 1, които се делят точно само на себе си и на 1. Следователно първите няколко прости числа са 2, 3, 5, 7 и 11. Числото 4 не е просто, понеже точно се дели на 2; числото 9 отпада, понеже може да се раздели на 3. Простите числа са основните градивни елементи в математиката. Подобно на химичните елементи, те могат да се обединяват и да образуват вселена. За химика водата е два атома водород и един кислород. По същия начин в математиката числото 12 е съставено от два „атома“ от 2 и един „атом“ от 3 ( $12 = 2 \times 2 \times 3$ ).

Простите числа са елементарни и в същото време загадъчни. Те са резултат от проста логика, но въпреки това изглежда се появяват по случаен начин върху реалната права; никога не знаете кога ще се появи следващото. Те са едновременно подредени и безпорядъчни. Вградени са в мистицизма и религиозните ритуали и са вдъхновили музикални творби и дори един италиански роман, „Самотата на простите числа“<sup>6</sup>. Лесно е да се разбере защо математиците разглеждат простите числа като един от фундаментите на вселената. От броенето можете да развиете концепцията за число и след това, съвсем естествено, основните аритметични операции: събиране, изваждане, умножение и деление. Това е всичко, което е необходимо, за да забележите простите числа – макар че, и това изглежда зловещо, учените разкриват дълбоки връзки между тях и квантовата механика, останали необяснени досега. Представете си, че съществува

<sup>6</sup> „La solitudine dei numeri primi“ е роман на Паоло Джордано от 2008 г., спечелил наградата *Стрега*. Има и филмова версия, с малки изменения в сюжета, от 2010 г. на режисьора Саверио Костанцо.

напреднала цивилизация от извънземни около някоя далечна звезда. Те положително не говорят английски, могат да са или да не са развили телевизията, но ние можем да бъдем почти сигурни, че техните математици са открили простите числа и са размишлявали върху тях.

Работата на Тао е свързана с хипотезата за простите близнаци, изказана от френския математик Алфонс дьо Полиняк през 1849 г. Тръгнете нагоре по числовата права, ограждайки с кръгчета простите числа, и можете да забележите, че понякога стъпката между двойка прости числа е само 2: 5 и 7, 11 и 13, 17 и 19. Това са „простите близнаци“, които при продължаването на пътешествието по числовата права почват да се разреждат: 2237 и 2239 са последвани от 2267 и 2269; няма друга двойка след 31391 и 31393, преди да стигнете до 31511 и 31513. Още Евклид предлага просто и красиво доказателство, че има безкрайно много прости числа. Как стои обаче въпросът с простите близнаци? Дали, тръгвайки по числовата права, ще срещате все нови и нови набори от тях? Тази хипотеза е категоричен победител срещу всички досегашни опити да бъде доказана.

Когато математиците се изправят пред въпрос, на който не могат да отговорят, те понякога измислят друг, не толкова ограничаващ въпрос с надеждата, че неговото решение ще доведе до някакви прозрения. Това е пътеката, по която поема Тао през 2004 г. в сътрудничество с Бен Грийн от Оксфорд. Близнаците са прости числа, разделени точно от 2, но Грийн и Тао разглеждат по-необвързваща дефиниция – на прости числа, разделени с константа, била тя 2 или друго<sup>7</sup> число. (Например простите числа 3, 7 и 11 са разделени от константата 4.) Това, което те се опитват да докажат е, че колкото и дълга поредица да бъде намерена от някого, винаги ще има друга, още по-дълга, с постоянно отстояние между нейните прости числа. През онзи февруари, след няколко начални разговора, Грийн идва на посещение при Тао в Университета на Калифорния в Лос Анджелис (U.C.L.A.) и само след два вълнуващи месеца те завършват това, което сега е известно като Теорема на Грийн-Тао. Тя играе ролята на ориентир по пътя към хипотезата за простите близнаци, а също така изгражда дълбоки връзки между коренно различни области в математиката, помагайки за установяването на една интердисциплинарна област, наречена адитивна комбинаторика. „Тя отвори много нови насоки в изследванията“, казва Изабела Лейба, математик от Университета на Британска Колумбия, която е работила с Тао. „Даде на много хора много неща за вършене.“

Този вид сътрудничество е отличителен белег за кариерата на Тао. Много математици са склонни към специализиране, а Тао се разпростира нашироко, учейки се от други и работейки после с тях, за да открият заедно нови неща. Маркъс Кийл, негов дългогодишен сътрудник и близък приятел, използва пример от научната фантастика, за да обясни способността на Тао бързо да осмисля и да използва математически идеи.

<sup>7</sup> Четно, разбира се.

Когато наблюдавал действията на Тао, ми казва Кийл, те му напомняли за сцената от „Матрицата“, в която зареждат бойните изкуства в мозъка на Нео и после, отваряйки очи, той заявява: „Аз владее кунг-фу“. Грамотата към Филдсовия медал на Тао, присъден през 2006 г., представлява поменик от прескачания на граници и отбелязва специално „красивата работа“ по хипотезата на Хорн, която Тао завършва заедно с един приятел, с когото е играл футбол на маса (джага) като докторант. Тази област е нова за Тао и е много отдалечена от неговите познати територии. „Това наподобява случай“, се казва в грамотата, „при който водещ англоговорящ писател изведнъж написва определено руски роман“.

Теоремата на Грийн-Тао върху простите числа е един от тези примери за сътрудничество. Грийн е специалист в област, наречена Теория на числата, а Тао първоначално се обучава в друга област, известна като Хармоничен анализ. А даже, както ми казват те, доказателството стъпва и върху изводите на много други математици. В играта на дяволския шах за играчите няма реална надежда, ако те не са изучили партиите, спечелени от майсторите преди тях. Едно доказателство установява факти, които могат да бъдат използвани в следващи доказателства, но то също предлага набор от ходове и стратегии, които са принудили дявола да се предаде – коварен начин да се спечели някоя от неговите фигури или да се блокира контраатака, или жертва на офицер в еншила, осигуряваща печеливша позиция. Точно както шахматистът би проучвал варианти на Испанска партия или Староиндийска защита<sup>8</sup>, математикът би могъл да изучава особено находчиви приложения на Китайската теорема за остатъците или решето на Ератостен. Мъдрият играч се възползва от огромен репертоар, а хитрият интуитивно предсеща кой ход е подходящ за момента.

В своята работа Тао и Грийн оползотворяват една решаваща част от предишно доказателство, направено от други и с друга цел, която е била отхвърлена като неправилна. Други конструкции идват от изкусни доказателства на англичанина Тимъти Гауърс и унгареца Ендре Серемеди. Техните работи пък на свой ред почиват върху приносите на Ердьош, Клаус Рот и Франк Рамзи, един англичанин, починал на 26 години през 1930 г., и така нататък назад в историята. Ако говорите с математици за техния опит в занаята, повечето от тях ще ви предадат силното усещане за интелектуално другарство. „Централна роля в живота на всеки математик е това чувство за свързаност с други умове, от живите днес назад до Питагор“ – казва Стивън Строгац, професор по математика в Университета Корнел. „Ние водим този разговор един с друг, прекосявайки хилядолетия.“

Теоремата на Грийн-Тао изненадва математичната общност, тъй като се е смятало, че ще минат много години преди този проблем да се поддаде на доказателство. В деня, в който посещавам Тао, обядваме в открития вътрешен двор на факултетския център в

<sup>8</sup> В оригинала Ruy Lopez и King's Indian Defence, два от най-известните дебюти в шаха (съответно, отворен и затворен).

стил от средата на миналия век. Докато се справя с едно скромно плато със суши, Тао ми казва, че както той с Грийн, така и други продължават да работят около хипотезата за простите близнаци, напоследък с доста голям успех. Споделя, че има чувството, че сега, повече от век и половина след като тя е била формулирана, до доказването ѝ вече не остава много време. „Може би до 10 години”, казва той.

Когато се отправям към дома на Тао, бяло-бежова къща с пет спални в западния край на кампуса, става време за вечеря. Първоначално Тао е трябвало да заведе своя 12-годишен син Уилям на урок по пиано, но Уилям бил получил покана за реклама на Гоу-Гърт<sup>9</sup>. (Той вече се е появявал в реклама на Хонда, където играел ролята на „момчето, което спи доволно на задната седалка”.) Докато жената на Тао, Лора, връща Уилям в къщи, тяхната дъщеря Мадри, на 4 години, приключва храненето си на един плот в просторната им кухня. Тя взема парче от десерта си, един кроасан, после се смъква от стола си и почва да тича с вдигнати ръце от стая в стая с възторжени викове.

Тао се очертава да бъде един от големите строители на мостове в своята област. По времето, когато получава Филдсовия си медал, той вече е направил открития с повече от 30 различни свои сътрудници. Оттогава той е станал също и плодовит блогър, чиито изблици решително го отличават от Гаус. Той възхвалява работата на другите, споделя любимите си трикове, документира прогреса си и одобрява всяка поправка в последващите коментари. Организира съвместните усилия на работещите по отделните задачи. „Тери е това, което един голям математик от 21 век трябва да бъде”, ми казва Джордън Еленбърг, математик от Университета в Уискънсин, Медисън, който е сътрудничил на Тао. Той е „част от мрежа, непрекъснато свързвайки това, което прави, с това, което правят други хора”.

При моето посещение при Тао забелязвам само една негова черта, която отговаря на стереотипа за професор по математика – разсеяността, датираща от детството му. Когато е малко момче, той непрекъснато губи книгите си и дори чантата си за книги; облича дрехите си обратно или наопаки или забравя да си obuе някой от чорапите. (Именно затова сега носи Биркенстокс. „Едно действие по-малко”, обяснява той.<sup>10</sup>) Развеждайки ме из къщата, походката му е малко непохватна, като че ли в някакъв смисъл ходенето не го интересува. Искан да видя кабинета му и той ми посочва една най-обикновена стая назад в коридора. Казва ми, че вече не работи там толкова, колкото преди; напоследък бил най-продуктивен по време на самолетни полети, когато разполагал с по няколко часа далеч от електронната поща и от всички хора, които се надяват да ги приеме.

След като Уилям, следван от Лора, се връща в къщи, сядаме на вечеря: свински

<sup>9</sup> Go-Gurt – марка подсладено кисело мляко за деца, което не се яде с лъжица, а се изстиска от туба.

<sup>10</sup> Вероятно пак става дума за известните сандали на Биркенсток, носени на бос крак.

пържоли в доматен сос, рецепта, взета от сборник, изписан на ръка в тетрадка с украсена с мече корица, която Лора е получила като подарък от майката на Тао. Уилям е общителен. Поканата от Гоу-Гърт минала добре. (Накрая той получил ролята.) Уилям притежава част от природната дарба на баща си за математика – като шестокласник е изкарал онлайн курс по висша математика – но истинските му увлечения в момента са писането, особено на фантастика, и актьорското изкуство, особено импровизацията. Бил се задълбал в Minecraft, но се дразнел, понеже имал проблеми при обновяването на хакванията си. По едно време, казва той, опитали с един приятел да хакнат самата математика, като покажат, че 1 е равно на 0, но след това разбрали, че е забранено да се дели на 0. Тао извърща поглед.

Вярно е, че опитът да се докаже, че 1 е равно на 0 не изглежда много обещаващ, но когато правиш математика, нагласата на хакера би могла да е извънредно полезна. Преди много време математиците изобретили число, което, като се умножи на себе си, дава отрицателна единица – идея, която като че ли нарушава основните правила на умножението. Тя била толкова чужда на това, което математиците правели по това време, че нарекли числото „имагинерна единица”. Въпреки това имагинерните числа се оказват мощно изобретение и модерната физика и техника не могат да функционират без тях.

Първите срещи с математиката могат да се окажат заблуждаващи. Отначало изглежда, че предметът се състои в изучаването на правила – как и кога да прилагаш древни трикове, за да достигнеш до някакъв отговор. В буркана са останали четири курабийки; топката се движи с 12.5 фута в секунда. Всъщност да бъдеш математик значи да експериментираш. Едно математично изследване в основата си е акт на съзидание. Знае се, че когато Давид Хилберт, безспорно най-влиятелният математик в Европа в края на 19 век, чул, че някакъв колега е напуснал, за да се занимава с белетристика, е отбелязал саркастично: „Той нямаше достатъчно въображение, за да се занимава с математика.”

Математиката пътешества из абстракциите – от сорта на идеята, че две ябълки и два портокала имат нещо общо – но голяма част от работата на Тао има осезаем аспект. Той разглежда вълни във флуиди или светлина, нещата, които могат да се преброят, или геометриите, които можем да държим в своя ум. Когато някакъв въпрос не възниква поначало по такъв начин, той се стреми да го преобразува. Някога в ранните години на кариерата си той се борел с проблем, включващ вълни, които се наслаждавали една върху друга. Искан да въведе движеща се координатна система, в която нещата биха изглеждали по-прости, нещо като виртуален стабилизатор за камера. Затова легнал на пода и започнал да се търкаля напред-назад, опитвайки се да си представи какво би станало. „В този момент влезе леля ми”, казва ми Тао, смеейки се, „и аз не можах да ѝ обясня какво правя”.

Неотдавнашните занимания на Тао с експлодиращата вода започват, когато един



професор от Казахстан изявява претенции, че е направил доказателството за Навие-Стокс. След като преглежда работата, Тао е уверен, че доказателството е грешно, но решава да направи стъпка напред в интуицията си и да покаже, че всъщност всяко доказателство, използващо подхода на професора, със сигурност би се провалило. Докато той броди из доказателството, молейки колеги да му помогнат с превода на обяснителния текст от оригиналния руски език, внезапно го осенява идеята за онази въображаема самоповтаряща се измишльотина с водата – идея, почерпана от техниката, за да се постигне напредък по един въпрос от чистата математика.

Постижението е колкото математично, толкова и в областта на психологията. Много хора мислят, че да се направи съществен прогрес в Навие-Стокс е невъзможно, ми казва Тао, и преди години той също бил създал блог, в който изказал това мнение. Сега обаче той има малко зрънце надежда. При хипотезата за простите близнаци е имал същото възприятие, чувството на пробив през стряскащата стена, уплашила множество претенденти. Вън от света на математиката и Навие-Стокс, и хипотезата за простите близнаци биват наричани проблеми. За Тао и други от тази област обаче те са по-скоро противници. Опонентът на Тао е известен с това, че му се е подигравал, че го е убеждавал, че е пропуснал нещо очевидно или че е оказвал съпротива, измъквайки се бързо, когато това е изглеждало невъзможно. Сега изглежда, че противникът разкрива свое слабо място. Но Тао казва, че вече е бил в това положение, мислейки, че е открил как да преодолее защитните съоръжения, когато всъщност е бил воден към капан. „Научаващ се да бъдеш подозрителен”, казва Тао. „Учиш се да бъдеш нащрек.”

В това е и тръпката, и опасението. Става някакво подземно разместване. Играта е в ход.

*Журналистът Гарет Кук е печелил наградата Пулицър. В същото списание е писал и за невролога Себастиан Сьонг.*

*The Singular Mind of Terry Tao by Gareth Cook, The New York Times*  
[http://www.nytimes.com/2015/07/26/magazine/the-singular-mind-of-terry-tao.html?smid=tw-nytimes&\\_r=1](http://www.nytimes.com/2015/07/26/magazine/the-singular-mind-of-terry-tao.html?smid=tw-nytimes&_r=1)

Превод: Людмил Хаджииванов

## ИМА ЛИ ДЕМОГРАФСКА КРИЗА ПРИ БЪЛГАРСКИТЕ УЧИТЕЛИ? РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕДНО ИЗСЛЕДВАНЕ

М. Замфиров, Л. Джалев

### Увод

През последните години често се говори за демографска криза и тежките последици за страната ни от това. Но дали демографската криза формира профила и на българския учител? Как стои въпросът с възрастта на преподавателите в българските училища? Има ли подготвена и мотивирана нова млада генерация, която да заеме мястото на пенсиониращите се учители? На тези въпроси обикновено се отговаря по-общо, дава се гласност на лични впечатления, без да има конкретно проучване.

Разбира се, учителите по природни науки също не остават настрана от установената демографска динамика.

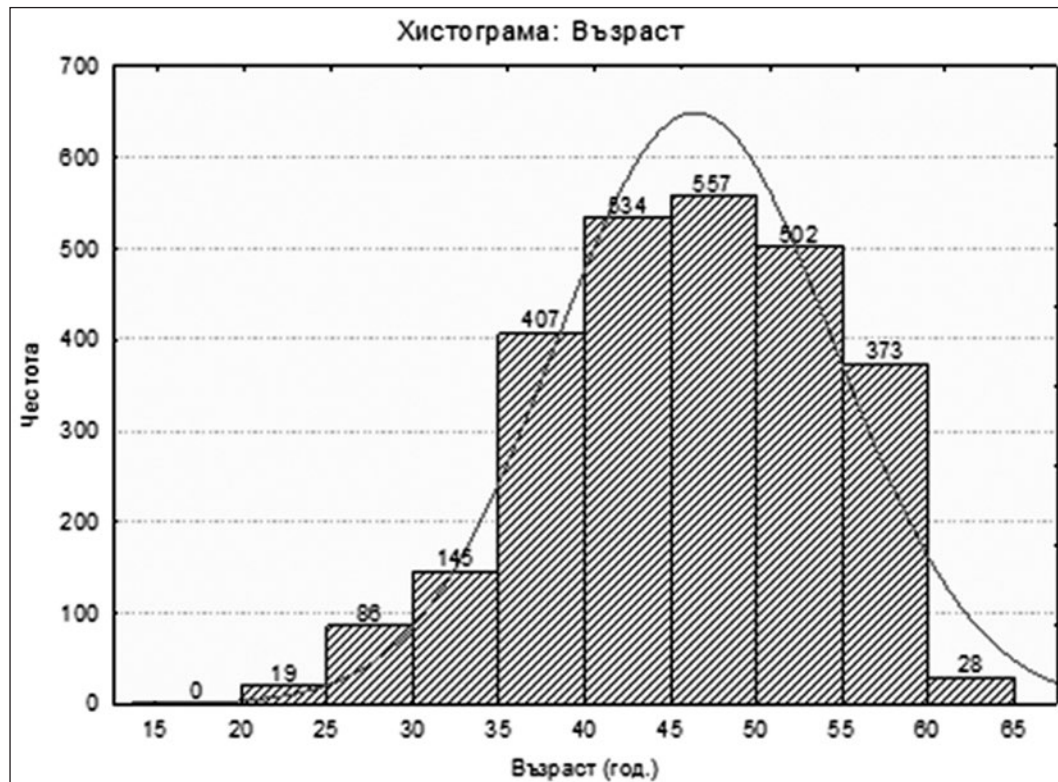
Именно в този аспект е и нашето изследване, което е посветено на демографското проучване и анализиране на учителите в България.

### Обем и структура на извадката

За изследване на демографските характеристики на педагогическите специалисти е формирана по териториален признак представителна извадка с обем от 2 656 лица въз основа на административното деление на страната на 28 области. От всяка област по случаен начин са извлечени определен брой лица, който е пропорционален на броя на педагогически специалисти в съответната област. В този смисъл обемът на субизвадките по области е съобразен с относителния дял на педагогическите специалисти в съответната област от общия им брой на национално равнище (<http://www.nsi.bg/bg/content/>). По този начин структурата на извадката отразява структурата на националната съвкупност от педагогически специалисти, а не на тези, които са участвали в обученията по проекта.

Сред обхванатите в извадката участници решително преобладават жените, чийто брой е 2 457 (92,51% от цялата извадка), докато мъжете са едва 199 (7,49%). Това съотношение за пореден път потвърждава констатацията, че учителската професия е пределно феминизирана. В различни публикации делът на жените в този сектор се оценява между 80% и 90%. По данни на НСИ за учебната 2013-2014 г. ([http://www.nsi.bg/sites/default/files/files/pressreleases/Education2013\\_LPN9VVX.pdf](http://www.nsi.bg/sites/default/files/files/pressreleases/Education2013_LPN9VVX.pdf)) относителният дял на жените съставлява 85,00% от общия брой на учителите. Изостреният дисбаланс в извадката показва, че учителската професия не е привлекателна за мъжете.

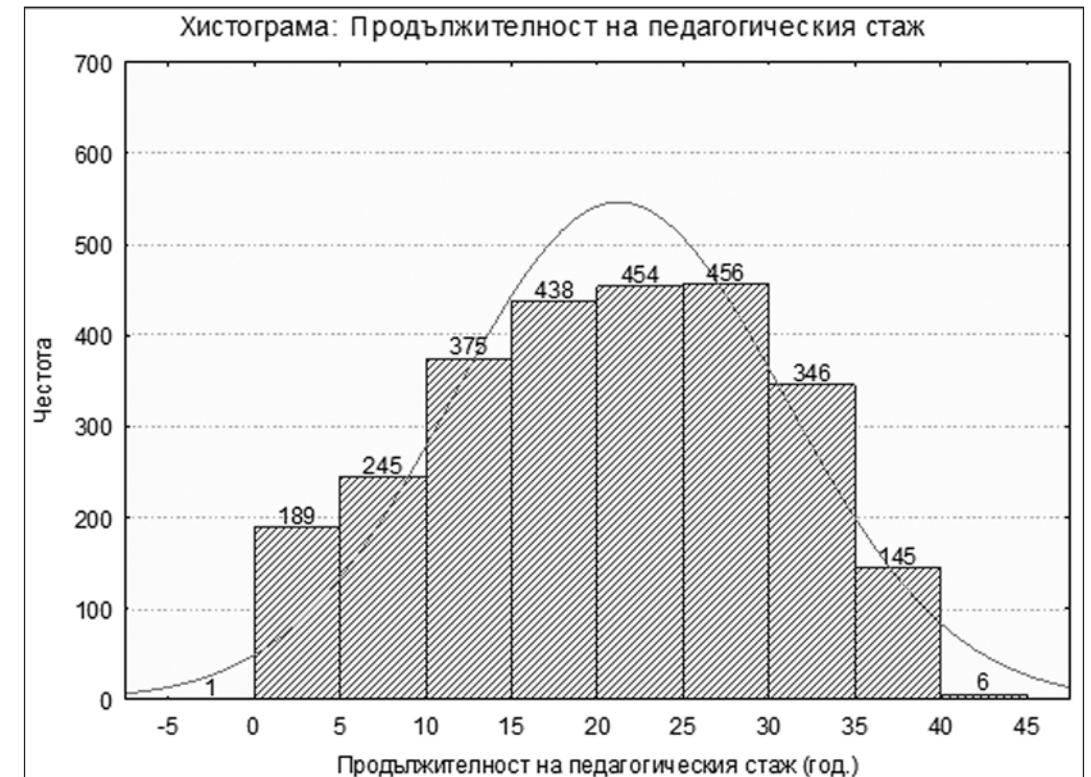
Не по-малко обезпокоителни са данните от разпределението на участниците по възраст. На следващата графика (фиг. 1) може да се види, че най-голям е относителният дял на педагогическите специалисти на възраст 45-50 години, които са 557 (20,97%). В този интервал е и средната възраст на участниците от 46,41 години, като най-младият участник е на 23 години, а най-възрастният – на 65 години. Следва да се отбележи добре изразената отрицателна асиметрия на разпределението, която ясно показва преобладаващия дял на по-възрастните сред педагогическите специалисти. Показателна в това отношение е съпоставката между лицата в първата възрастова декада (20-30-годишни), които са 105 (3,96%), и в последната декада (55-65-годишни), които са 401 (15,09%), т.е. близо 4 пъти повече. Друга съпоставка, между лицата във възрастовата група 25-30 години, за които можем да предположим, че са завършили наскоро висше образование (86 души, 3,24%), и тези във възрастовата група 55-60 години, които са в предпензионна възраст (373 души, 14,04%) показва, че младите не са склонни да се реализират професионално в образователната система. Ако тази тенденция се запази и големите групи от учители, които виждаме във високите възрастови групи, започнат да излизат от активна преподавателска дейност, ситуацията може да стане критична.



Фиг. 1. Разпределение на педагогическите специалисти по възраст

Особено показателно е разпределението на специалистите според продължителността на техния педагогически стаж, което е сходно с възрастовата им структура. Както се вижда на следващата графика (фиг. 2), то също е изместено надясно, със слаба отрицателна асиметрия и отрицателен ексцес, което показва, че сред участниците преобладават тези с по-голям педагогически опит. Средната продължителност на стажа е 21,25 години.

Преподавателят с най-малък стаж в извадката е само един, току-що започнал своята работа, а този с най-дълъг стаж е практикувал учителската професия в продължение на 43 години.



Фиг. 2. Разпределение на педагогическите специалисти по продължителност на стажа

Наблюдават се три големи, почти равностойни по обем групи от специалисти, които имат педагогически стаж съответно 16-20, 21-25 и 26-30 години. Лицата в първата група са 438 (16,49%), във втората – 454 (17,09%) и в третата – 456 (17,17%). Интересно е да се отбележи, че немалък дял от педагогическите специалисти имат стаж между 31 и 35 години (346, 13,03%), а дори и над 36 години.

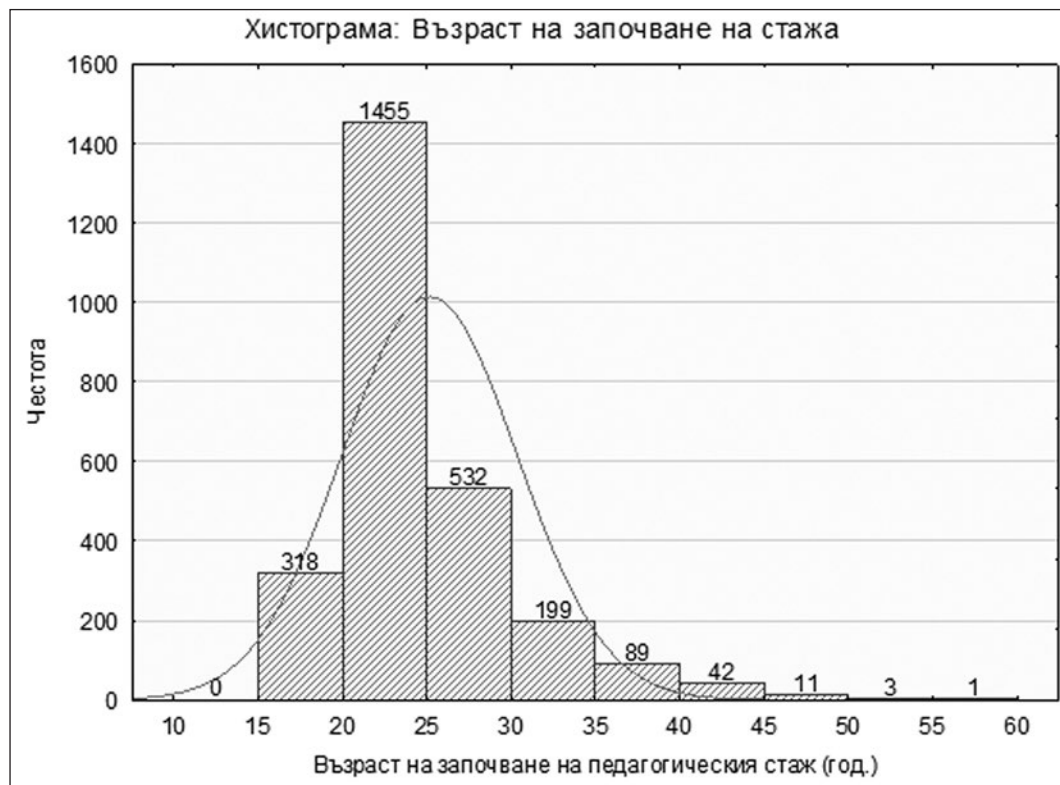
Справедливо бихме асоциирали по-дългия стаж, какъвто имат преобладаващата



част от българските учители, с по-голяма опитност и професионално майсторство, но и с по-високата им възраст. Обратното, обаче, не винаги е вярно, особено по отношение на възрастта – както ще покажем по-нататък, по-малкият стаж не имплицира по-ниска възраст.

Разполагайки с данни за възрастта на участниците и продължителността на техния стаж, можем да определим на каква възраст всеки от тях е започнал да практикува учителската професия. Най-ниската възраст, на която представител на целевата група е започнал своя педагогически стаж, е 18 години, а най-високата – 56 години, при средна възраст за начало на стажа 25,16 години. Както е видно от следващата графика (фиг. 3), над половината от педагогическите специалисти (1 455, 54,78%) са започнали своя трудов стаж на възраст 21-25 години, а това е периодът на следване и придобиване на висше образование<sup>1</sup>.

По-интересно е обстоятелството, че към учителската професия последователно се приобщават и лица от по-високите възрастови категории, включително и над 50-55-годишна възраст, макар че тези групи са с намаляващ обем. Очевидно е, че тези хора са упражнявали друга професия преди да се насочат към образователната сфера, дори и да са имали необходимия образователен ценз за учители.



Фиг. 3. Разпределение на педагогическите специалисти по възраст на започване на стажа

По подобен начин може да се определи кога (през коя година) педагогическите специалисти са започнали да упражняват учителската професия. Сред данните от следващата графика (фиг. 4) се откроява периодът 1981-1985 г., както и следващите два 5-годишни периода до 1995 г., през които в образователната система навлизат големи бройки от педагогически специалисти, които са все още професионално активни към времето на изпълнение на проекта за квалификация. Показателно е, лицата от тези три периода съвкупно формират 50,42% от извадката.



Фиг. 4. Година, през която педагогическите специалисти са започнали трудовия си стаж

След края на 1995 г. се забелязва ясна, при това засилваща се тенденция за намаляване на броя на лицата, които се ориентират към педагогическата професия.

### Взаимовръзки между демографските променливи

По-нататък в текста ще представим по-важните резултати от анализите на взаимовръзките между демографските показатели. Всеки отделен анализ е фокусиран върху специфична демографска променлива и сходствата или различията между педагогическите специалисти по останалите показатели, обусловени от тази променлива.



Пол

Ще започнем анализа с наблюдения върху ефекта на половата принадлежност на педагогическите специалисти върху тяхната възраст. Изследователската ни хипотеза е, че мъжете в училищното образование са не само по-малко от жените, но и принадлежат към по-високите възрастови категории. Действително, средната възраст на мъжете е 47,95 години и тя по-висока от тази на жените (46,29 год.). Тази разлика е статистически значима, но размерът на ефекта е твърде малък, следователно наблюдаваната разлика между средните стойности на възрастта на мъжете и жените може да бъде пренебрегната.

Подобни диспропорции се наблюдават и по отношение на населените места, в които са намерили реализация представителите на двата пола.

Интересно е, че в училищата, разположени в селата, работят 42,71% от мъжете и само 29,68% от жените. Делът на мъжете, които работят в малките градове и в големите/областни градове, прогресивно намалява, за да достигне до 13,57% в столицата.

Почти толкова е делът и на жените в столицата (12,87%), а като цяло представителите на този пол преобладават в малките и в големите/областни градове (съответно 31,88% и 25,57% от жените).

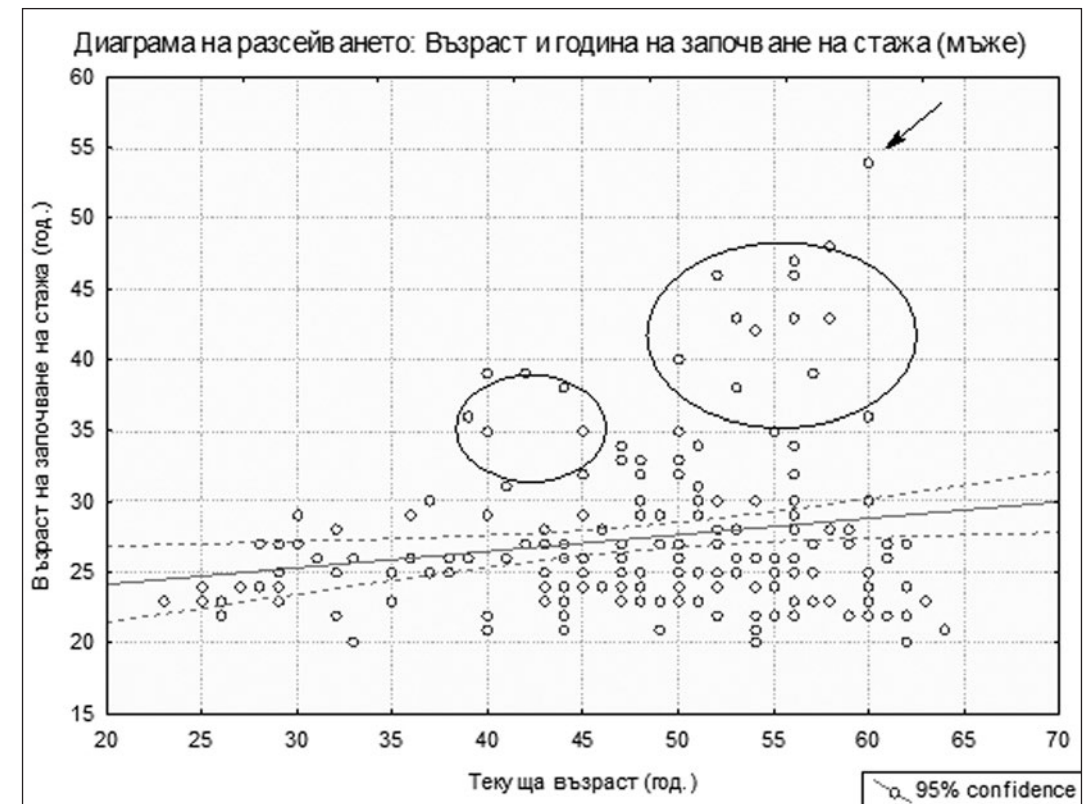
По отношение на педагогическия стаж представителите на двата пола са еквивалентни, със средна продължителност на стажа 20,54 години при мъжете и 21,31 години при жените.

Наблюдава се обаче статистически значима разлика по отношение на възрастта, в която представителите на двата пола навлизат в учителската професия. Средната възраст на началото на стажа при мъжете е 27,42 години, а при жените – 24,98 години, т.е. мъжете започват работа в системата на училищното образование почти 2 години и половина по-късно от жените. Интересно е още, че при мъжете се наблюдава умерена положителна корелация между текущата им възраст към момента на изследването и възрастта, на която са започнали да работят като учители (фиг. 5), т.е. наблюдава се тенденция по-възрастните мъже да се насочват към учителската професия по-късно, която се вижда добре на следващата графика.

Освен общата тенденция, на графиката (фиг. 5) се забелязват и две екстремни групи от учители (маркирани в овал), които са започнали своя педагогически стаж значително по-късно от своите връстници.

Първата група включва специалисти на 40-45-годишна възраст, които са започнали работа като учители на около 35-40-годишна възраст, т.е. около 10 години по-късно от основната маса от представители на тази възрастова група. Втората група се състои от мъже около 50-60-годишна възраст, възраст, които са започнали професионалната си дейност на още по-висока, около 40-50-годишна възраст.

Наблюдават се и такива екстремни случаи на учители, които към момента на изследването са на 60-годишна възраст, а са започнали своя стаж на 54 години. При жените такава корелация не се наблюдава.



Фиг. 5. Взаимовръзка между възрастта и годината на започване на стажа при мъжете

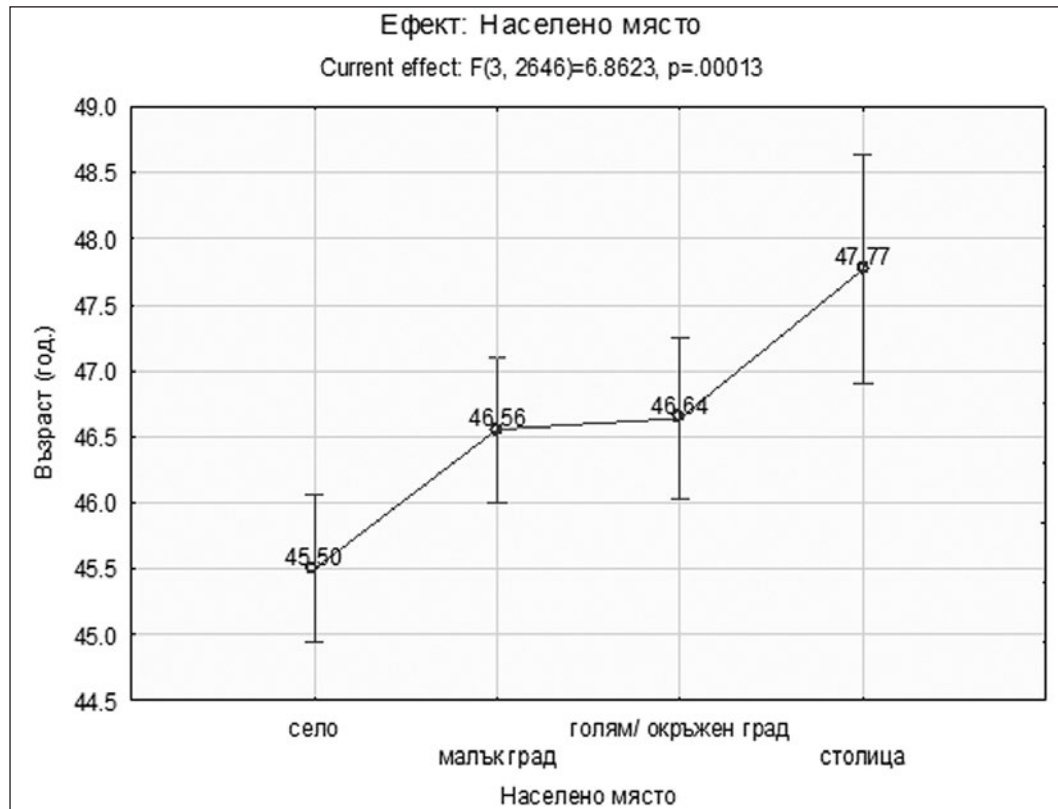
Причините за това „отложено“ или „забавено“ включване на мъжете в образователната система са поне две. От една страна, по-късното влизане в университета и съответно по-късно дипломиране в сравнение с жените при по-възрастните, които са отбивали военна служба.

Друго правдоподобно предположение е, особено за учителите от по-високите възрастови категории, че преди да се насочат към учителската професия, те са заемали друга, по-високо платена или поне по-престижна позиция, която са били принудени да напуснат поради трусовете на пазара на труда и да се ориентират към по-сигурно място в образователната система.

Възраст

Отчитат се значителни разлики между педагогическите специалисти, работещи в училища в различни по големина населени места, които в настоящото изследване са групирани в 4 категории. Както може да се види на следващата графика (фиг. 6), средната възраст на педагогическите специалисти нараства с нарастване на големината

на населеното място. С относително най-ниска възраст се характеризират учителите в училищата в селата, а с относително най-висока – тези в столицата. Направените допълнителни post-hoc тестове показват, че средната възраст на специалистите в населените места със статут на град е статистически еквивалентна, т.е. противопоставянето по възраст е по линията училища в селата-училища в градовете.



Фиг. 6. Различия между педагогическите специалисти по възраст в зависимост от населеното място

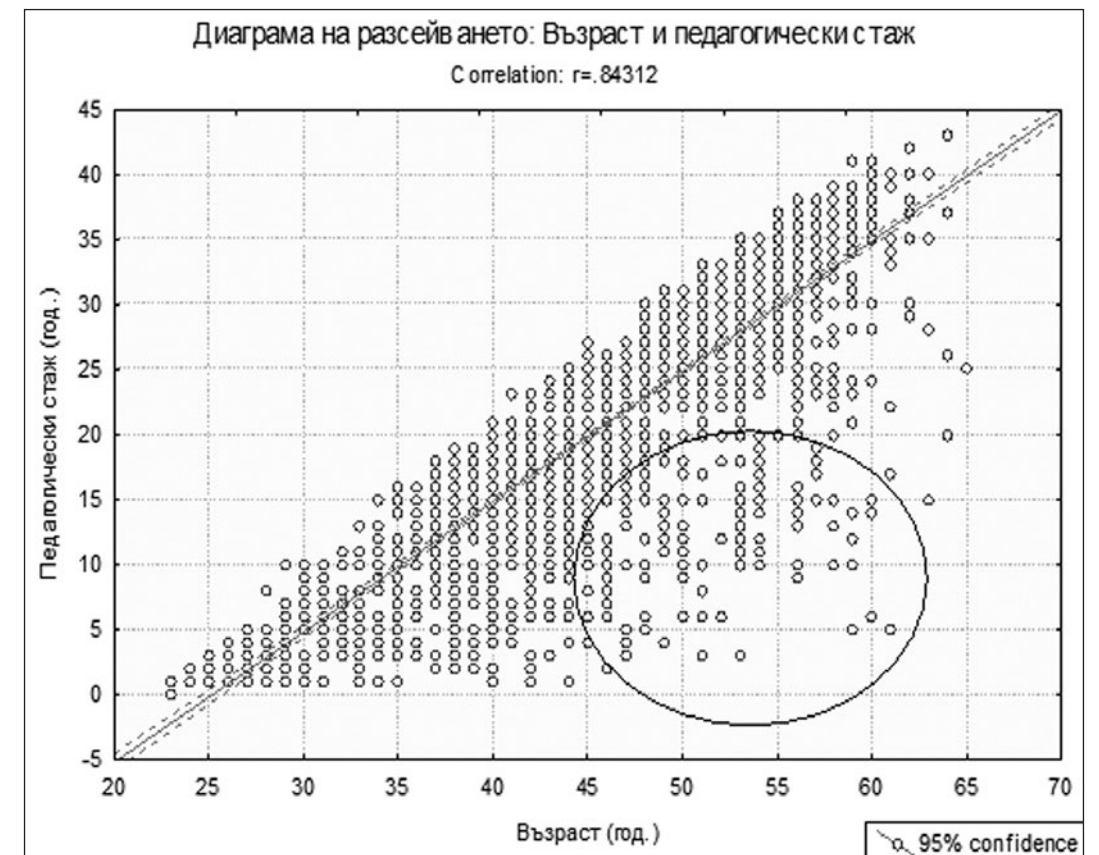
Как се обясняват тези данни? Тъй като преобладаващата част от педагогическите специалисти работят в училища по местоживее или в близки населени места и няма принудително насочване на току-що дипломираните се специалисти (т.е. преобладаващата част от педагогическия персонал е от местни жители), обяснението може да бъде потърсено отново във възможностите да бъде намерена професионална реализация в или извън учителската професия. Без съмнение селата, в добавка към високите равнища на безработица, предлагат слаби, дори нищожни перспективи за алтернативна заетост на младите специалисти. Обратно, в градовете, особено в административните

центрове или в столицата, младите хора с педагогическа квалификация намират такива алтернативни пътища.

Нещо повече, в данните се съдържат редица индикации, че лица от по-високите възрастови групи също се насочват към учителската професия вероятно след загуба или напускане на друго работно място.

Към такова заключение води анализът на взаимовръзката между възрастта и учителския стаж. Както би могло да се очаква, между тези два демографски показателя има силна правопрпорционална взаимовръзка, т.е. педагогическите специалисти от по-високите възрастови категории имат и по-дълъг стаж.

По-интересна обаче е друга особеност, която може да бъде наблюдавана на следващата диаграма (фиг. 7), представяща корелацията между двете променливи. Тя се изразява във видимо по-високата степен на разсейване на точките (представящи отделни участници) под регресионната линия.



Фиг. 7. Взаимовръзка между възрастта на педагогическите специалисти и продължителността на педагогическия им стаж

По графиката можем да съдим, например, че педагогически стаж до 1-2 години имат не само лицата, които са започнали работа като учители непосредствено след своето дипломиране (на възраст 23-25 или дори до 30 години), но и такива до 45 години. Има и лица, макар и малко на брой, които са на възраст около 60 години, но имат учителски стаж от 5-6 години, т.е. са започнали работа като учители на около 55-годишна възраст. В по-общ план може да се каже, че с нарастването на възрастта се увеличава дисперсията на стажа в отделните възрастови групи. Това означава, че има непрекъснат процес на приобщаване към учителската професия на лица от почти всички възрастови категории. Любопитното тук е кое подтиква хората от по-високите възрастови групи да се ориентират към тази професия.

Струва ни се, че най-правдоподобното обяснение може да бъде намерено в сътресенията на пазара на труда през последните няколко десетилетия, които принудиха много активни хора, загубили работните си места, да се ориентират към нови професии. Между тях без съмнение има и такива, които са активизирали придобитата отдавна учителска правоспособност или са се преквалифицирали, за да могат да я упражняват.

#### Населено място

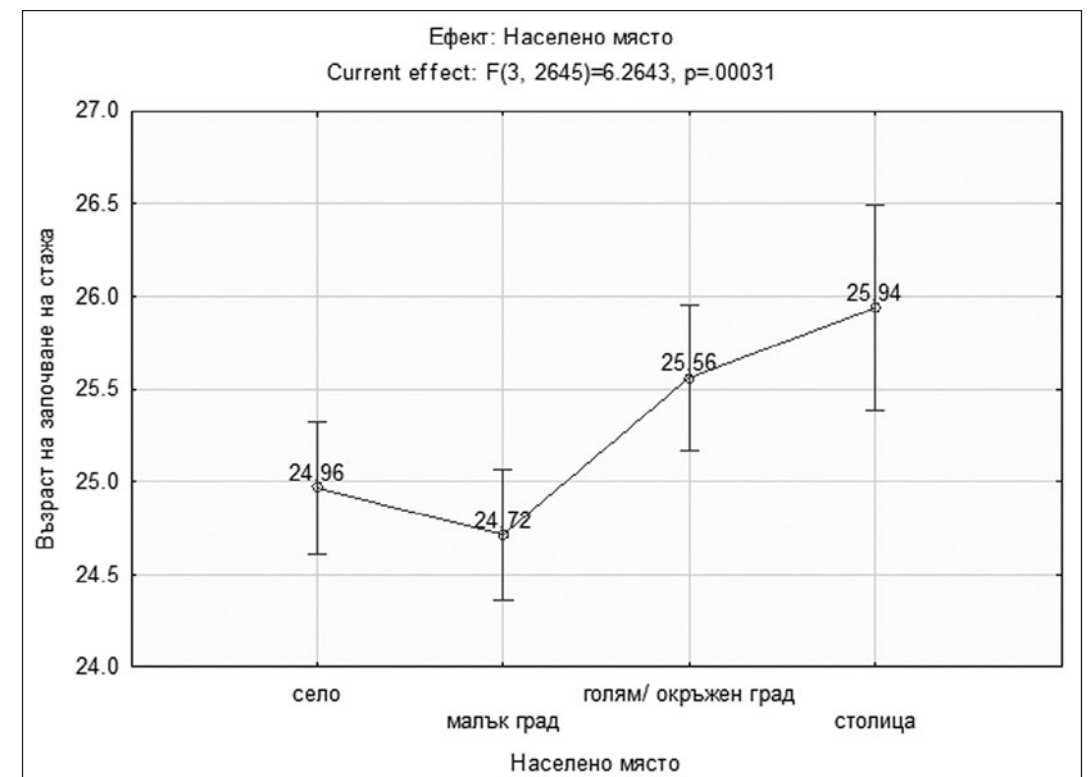
При анализа на взаимовръзката между типа на населеното място, в което работят педагогическите специалисти, и тяхната възраст беше установено, че най-ниска е възрастта на тези, които работят в училищата, разположени в селата, и че тази група се противопоставя на всички останали, които работят в градски училища. Подобна закономерност се установява и по отношение на учителския стаж. С най-малка продължителност е стажът на педагогическите специалисти, работещи в училища в селата, и по този показател те се противопоставят на колегите си от градовете, чиято средна продължителност на стажа е статистически по-висока ( $M=21,57$  години).

Същото се отнася и за възрастта, на която педагогическите специалисти са започнали своята работа като учители.

Относително по-ниска е средната възраст на началото на стажа при специалистите, работещи в училища в селата ( $M=24,96$  год.) и в малките градове ( $M=24,72$  год.).

При останалите 2 групи от специалисти, работещи в по-големите градове и в столицата, средната възраст на започване на педагогическия стаж е по-висока. По-съществена разлика (от около 1 година) се наблюдава между учителите в селата и малките градове и тези в столичните училища, дори и между специалистите от столицата и големите областни центрове (фиг. 8).

Резултатите от post-hoc анализа показват, че по този показател статистически значими са разликите между педагогическите специалисти в селата и малките градове, от една страна, и тези в големите градове и столицата – от друга. Като цяло, с нарастване на големината на населеното място, нараства и възрастта, на която педагогическите специалисти са започнали своята работа по професията.



Фиг. 8. Различия между педагогическите специалисти по възраст на започване на стажа в зависимост от населеното място

#### Учителски стаж

Наблюдаваната диференциация и конкретно по-ранното навлизане в учителската професия на специалистите в по-малките населени места може да бъде обяснена с недостига на квалифицирани специалисти и с липсата на перспектива за намиране на алтернативна заетост за онези, които са родени и/или живеят в тези населени места. От друга страна, младите специалисти с подходяща квалификация от по-големите градове поради множество причини вероятно не са готови да изоставят стандарта на живот, който имат или който големият град би им предложил, за да заемат работно място в по-малките населени места.

Още един анализ, който добавя допълнителни щрихи към някои от изводите, направени по-горе, е свързан с взаимовръзката между продължителността на учителски стаж и възрастта, на която педагогическите специалисти са започнали да работят като учители (фиг. 9). Ако всички учители започваха своята работа по специалността в рамките на един относително кратък период непосредствено след своето дипломиране,



бихме могли да очакваме слаба или нулева корелация между двете променливи. Данните обаче показват наличието на статистически значима, висока негативна корелация.



Фиг. 9. Взаимовръзка между педагогическия стаж и възрастта на започване на стажа

Това означава, а и данните от графиката показват, че лицата с по-дълъг педагогически стаж са започнали да практикуват учителската професия на по-ранна възраст. Можем с основание да предположим, че тези лица принадлежат и на по-високите възрастови категории. Такива са например лицата в дясната част на графиката (маркирани с овал), които имат стаж от 35-45 години, започнали са работа на 20-25-годишна възраст и към момента на изследването са на възраст 55-65 години. По-интересно е разпределението в лявата част на графиката, в която са разположени лицата с малък учителски стаж, например 0-10 години (също маркирани с овал). Дали това са млади хора, чийто малък стаж се дължи на това, че за започвали да работят като педагогически специалисти сравнително отскоро? Данните от графиката показват, че сред тази група също има лица, започнали своя стаж на 20/23-25-годишна възраст и това са предимно млади хора. Но в нея има и немалко хора, които са навлезли в учителската професия на възраст около 30, 35, 40, 45 и дори около и над 55-годишна възраст.

На графиката се вижда (фиг. 9), че дебелината на слоя от точки постепенно намалява с увеличаването на учителския стаж и това отчасти се дължи на излизането на специалисти от образователната система, главно поради навършване на пенсионна възраст. Едновременно с това тя съдържа нагледни доказателства за това, че възрастта, на която педагогическите специалисти започват работа по специалността, варира в широки граници. При това делът на лицата, започнали работа по специалността на по-късна възраст, е значително по-висок сред тези, които имат по-малък педагогически стаж.

Тези наблюдения водят към последния въпрос в изследването – на каква възраст педагогическите специалисти са влезли в образователната система през различните периоди от време. На следващата графика (фиг. 10) е представена средната възраст на началото на педагогическия стаж през 5-годишни периоди от време от 1971 (най-ранната година на заемане на педагогическа длъжност сред участници в извадката) до 2013 (най-късната) година.



Фиг. 10. Възраст на започване на педагогическия стаж по периоди

На графиката (фиг. 10) проличава ясно обезпокояващата тенденция за прогресивно нарастване на средната възраст, на която педагогическите специалисти започват работа

по специалността. През далечните 1971-1975 година те правят тази важна крачка в професионалното си развитие на около 20,55 годишна възраст. Пред следващите периоди, до края на 1995 г., средната възраст нараства с около 1 година, след което темпът на нарастване се ускорява с около 2-3 години, за да достигне през периода 2006-2010 г. до средна възраст от 30,38 години. Лекият спад на средната възраст пред последния период 2011-2013 г. (M=29,28 год.) изглежда обнадеждаващ, но едва ли може да се третира като повратна точка поради това, че този период все още не е приключил и по всяка вероятност ще потвърди наблюдаваната тенденция.

### Влияние на демографските процеси при бъдещите учители по природни науки

Разбира се, изследваните демографски процеси не протичат изолирано за една или друга група, а напротив – в тясно взаимодействие и с други важни състояния, определящи качеството на живот и стоящи в основата на една добре функционираща държава, сред които са образование, здравеопазване, равнище на бедност и пр.

В този смисъл няма как да бъдат изолирани и учителите по природни науки в България, тъй като те са част от това общо изследване. Все пак бихме ли могли да предвидим някакъв сценарий в тази демографска динамика?

Първо ще започнем с това, че ако се запазят процесите, описани на фиг. 1, то пенсионираните учители ще надхвърлят като брой новопостъпващите. По този начин е възможно да се предизвика криза, която да не може да бъде овладяна в рамките на няколко години.

За изследването на тези процеси ние предположихме, че съществува взаимовръзка между кандидат-студентите и демографското състояние в страната.

За проверка на тази хипотеза направихме корелация между кандидат-студентите по природни науки в най-големия университет в страната СУ „Св. Климент Охридски“ и прираста на населението в България.

### Корелации между кандидат-студентите по природни науки в СУ „Св. Климент Охридски“ (2005-2013 г.) и прираста на населението в България

Беше извършена статистическа обработка за търсене на корелации между броя кандидат-студенти в СУ „Св. Климент Охридски“, броя ученици в популацията, броя ученици, кандидатстващи във Физическия факултет (ФЗФ), Факултет по химия и фармация (ФХФ) и Биологически факултет (БФ) и броя първи желания за ФЗФ, ФХФ и БФ.

Таблица 1 показва данните от извършената статистическа обработка.

С две звездички са отбелязани значимите корелации, с една звездичка е отбелязана наличната тенденция, а корелациите без отбелязани звездички не са статистически значими.

| Корелация на Пирсън      | ФЗФ (общ брой кандидати) | ХФ (общ брой кандидати) | БФ (общ брой кандидати) | ФЗФ (първо желание) | ФХФ (първо желание) | БФ (първо желание) | СУ (общ брой) |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| ФЗФ (общ брой кандидати) | 1                        | ,782**                  | ,139                    | ,915**              | ,446                | ,712*              | ,959**        |
| ФХФ(общ брой кандидати)  | ,782**                   | 1                       | ,095                    | ,661*               | ,735*               | ,200               | ,597          |
| БФ(общ брой кандидати)   | ,139                     | ,095                    | 1                       | -,178               | -,301               | ,500               | ,220          |
| ФЗФ (първо желание)      | ,915**                   | ,661*                   | -,178                   | 1                   | ,473                | ,581               | ,882**        |
| ФХФ (първо желание)      | ,446                     | ,735*                   | -,301                   | ,473                | 1                   | -,156              | ,286          |
| БФ (първо желание)       | ,712*                    | ,200                    | ,500                    | ,581                | -,156               | 1                  | ,857**        |
| СУ (общ брой)            | ,959**                   | ,597                    | ,220                    | ,882**              | ,286                | ,857**             | 1             |

Табл. 1. Корелационна матрица

Беше отчетена много висока корелация между общия брой кандидат-студенти в СУ „Св. Климент Охридски“ и общия брой кандидат-студенти, посочили някаква специалност във ФЗФ.

Значима корелация се отчита при посочилите кандидат-студенти като първа специалност във ФЗФ спрямо общия брой кандидат-студенти за този факултет.

Първото желание във ФЗФ корелира до известна степен и с желанието за кандидатстване във ФХФ – 0,66. Може да се каже, че в годините, когато има интерес към специалностите в единия факултет, има интерес и в другия факултет (табл. 1).

Силна взаимовръзка има между кандидат-студентите, посочили на първо място специалност във ФХФ, спрямо общия брой кандидат-студенти във ФХФ. Това показва, че голяма част от кандидат-студентите за ФХФ посочват на първо място специалност, защото наистина я желаят, а не само като резервен вариант.

В БФ се отчита тенденция, свързана с посочването на първо желание в този факултет с общия брой кандидат-студенти във ФЗФ, което може отново да говори за това, че някои от специалностите, предлагани от ФЗФ, се записват като резерва от кандидат-студентите, посочващи като първо желание специалност, предлагана от БФ.

Най-силна корелация се отчита между кандидатите, посочили на първо място специалност от БФ, с общия брой кандидат-студенти в СУ „Св. Климент Охридски“. Това означава, че намаляването на кандидат-студентите в Университета влияе отрицателно и на кандидатите за БФ (табл. 1).

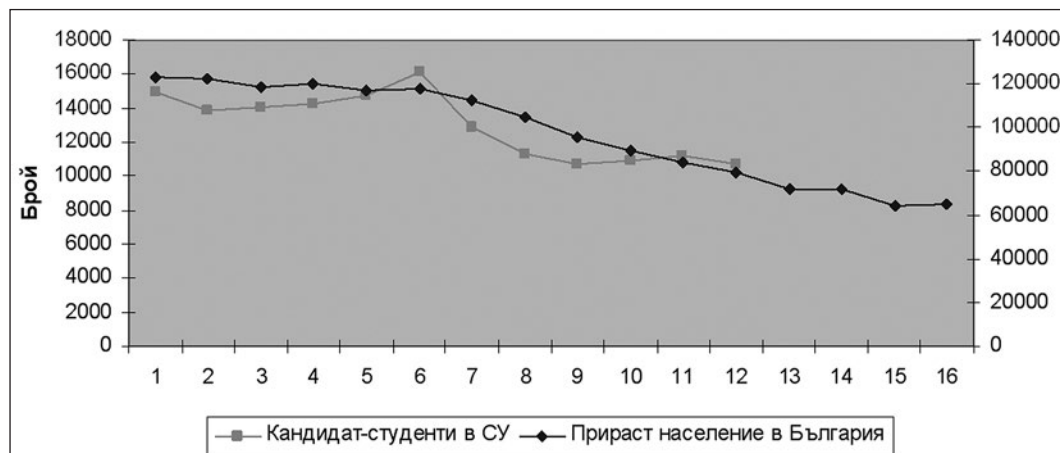
Тук прави впечатление, че няма корелация между кандидат-студентите, посочи-

ли на първо място специалност от БФ, и общия брой кандидат-студенти за БФ. Това означава, че голяма част от тях са посочили специалност в БФ за всеки случай като резервен вариант, тъй като корелацията е 0,50 и може да се говори в най-добрия случай за слаба тенденция (табл. 1).

Беше отчетена корелация между броя кандидати за СУ „Св. Климент Охридски” и популацията ученици за съответната година, която е статистически значима и висока.

Предходно анализирани данни показват, че стойностите на посочилите първо място някаква специалност във ФзФ, ФХФ и БФ на Софийски университет „Св. Климент Охридски” са донякъде свързани с общия брой кандидат-студенти в Университета (Замфиров, 2014).

За да се опитаме да предвидим евентуално бъдещо развитие на броя кандидат-студенти в СУ „Св. Климент Охридски” направихме корелация на кандидат-студентите в Университета и прираста на населението в България (фиг. 11).



Фиг. 11. Корелация на кандидат-студентите в СУ „Св. Климент Охридски” и прираста на населението в Р. България.

Вижда се, че двете криви на фигура 11 са взаимно свързани и вървят успоредно. Специалностите, предлагани от ФХФ, имат устойчив спад до 0,5% през 2011/2012 учебна година, като се имат предвид стойностите от 2,6% за 2008/2009 учебна година и 2,1% за 2006/2007 учебна година.

Специално трябва да се обърне внимание, че тази тенденция за ФХФ може би е спряна, тъй като за 2012/2013 учебна година процентът е 2,5. Това вероятно се дължи на големия интерес на кандидат-студентите към новооткритата специалност Фармация.

След 2008/2009 учебна година, както отбелязахме, започва устойчив спад на кандидат-студенти в Университета – 10 708 за 2009/2010 учебна година и вече 10 697 за 2012-2013 учебна година. Това има най-чувствителен ефект върху специалностите,

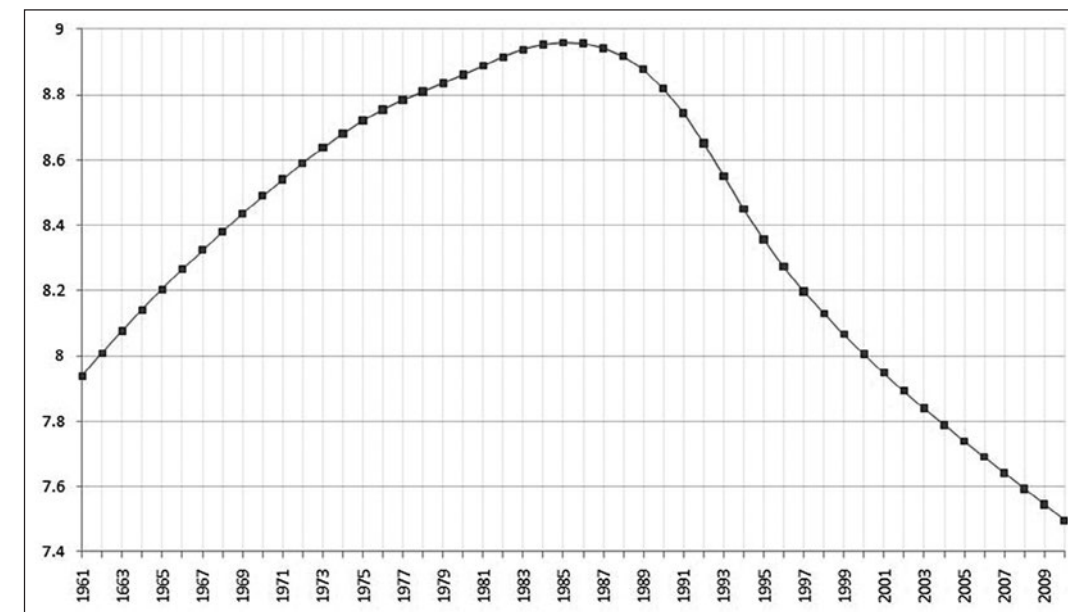
предлагани от ФзФ – 1,2% е най-ниската стойност за изследвания период, заедно с 2010/2011 учебна година.

Самата крива на кандидат-студентите за СУ „Св. Климент Охридски” също върви постепенно надолу – от 14 791 за учебната 2005/2006 г. до 10 697 за учебната 2012/2013 г.

Логичното обяснение може да се търси основно в естествения прираст на населението на Р. България.

Най-високите стойности на кандидатите за СУ „Св. Климент Охридски” за изследвания период, което донякъде повлиява и на общия брой кандидати за специалности, са за учебните години 2005/2006, 2006/2007 и 2007/2008 г., което означава, че кандидатстват родените през 1987, 1988 и 1989 г. (Замфиров, 2014). А тези години са последните с положителен прираст – 1987 г. +1.0%, 1988 +1.1% и 1989 +0.6% ([http://bg.wikipedia.org/wiki/Население\\_на\\_България](http://bg.wikipedia.org/wiki/Население_на_България)).

Логично постепенното намаляване на кандидатите за СУ „Св. Климент Охридски”, както и на общия брой кандидати за специалностите, е свързано и с постепенното намаляване на естественият прираст – 1990 (-0.4 ‰); 1991 (-1.7 ‰); 1992 (-2.3 ‰); 1993 (-2.9 ‰); 1994 (-3.8 ‰) (фиг. 12).

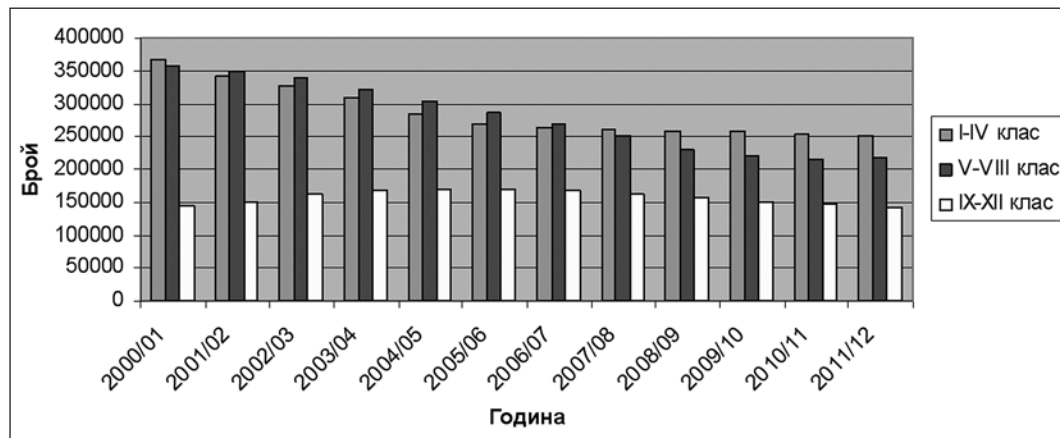


Фиг. 12. Население на Р. България (1961-2009 г.) ([http://bg.wikipedia.org/wiki/Население\\_на\\_България](http://bg.wikipedia.org/wiki/Население_на_България))

В подкрепа на тази тенденция са и данните за броя ученици по класове през периода 2000-2001 до 2011-2012 г. (фиг. 13).



От графиката се вижда, че учениците постепенно намаляват не само през годините, което е във връзка с намаляването на естествения прираст, но намаляват още по-рязко и по училищна степен. Т.е. завършващите гимназия са много по-малко (понякога два пъти) в сравнение със завършващите начално образование. Това означава, че е налице и втори фактор, който би повлиял в бъдеще на броя кандидат-студенти, а именно отпадането от училище.



Фиг. 13. Брой ученици през годините по класове (<http://www.nsi.bg/otrasal.php?otr=23>)

Установената връзка между броя на кандидат-студентите за СУ „Св. Климент Охридски”/Общият брой кандидати за специалностите, предлагани от трите факултета, с естествения прираст на населението и намаляването на учениците по училищна степен ни позволява да твърдим, че през следващите няколко години броят на кандидат-студентите ще намалее още. Това се дължи на факта, че след около една-две години, кандидат-студенти ще бъдат родените през годините 1996 и 1997 г., а именно през тези години се наблюдава и най-големият спад в естествения прираст – 1996 г. (-5.4 ‰); 1997 г. (-7.0 ‰); 1998 (-6.4 ‰).

Тенденцията през 2006 г. за повишаване на раждаемостта не осигурява положителен прираст (Маркова и др., 2007).

### Изводи и заключение

Като основни изводи могат да се направят следните:

На една голяма част от преподавателския състав в българските училища предстои пенсиониране, а не се отчита засилен интерес към учителската професия от млади, току-що завършили педагогическите специалности преподаватели.

Съществува устойчива миграция на специалистите към по-големите населени места, което е свързано с по-добрата възможност за намиране на работа.

Съществува все по-ясна тенденция за липсата на интерес на кандидат-студентите към онези специалности от природните науки, даващи педагогическа правоспособност. Така може да се окаже, че не само се очертава липса на постъпващи млади учители въобще в българската образователна система, но вече става по-плътна изразена бъдещата криза при учителите по природни науки. Така може да се окаже, че ако не се предприемат мерки за спиране на тази тенденция, резултатите през следващите години ще се окажат плачевни – в страната няма да има подготвени млади специалисти, които да заемат мястото на пенсионираните учители.

Това се потвърждава и от ниския интерес към бинарните специалности на СУ „Св. Климент Охридски“, даващи педагогическа насоченост – Химия и физика, Химия и информатика, Физика и математика, Физика и информатика, Биология и химия, География и биология. Сумарният брой за тези специалности през изследвания период е 706 кандидат-студенти, посочили тези специалности на първо място, което означава, че едва 9,08% от всички кандидат-студенти посочват на първо място специалност с педагогически профил в трите факултета (Замфиров, 2013).

Самото разпределение показва, че най-висок дял (над 10%) се пада на специалности от ФХФ – 11,52% (2005-2013 г.). Тази стойност се дължи главно на специалността Химия и информатика, която е с дял 10,47%, следвана от специалността Химия и физика с едва 1,05%.

Следващите специалности са Биология и химия и География и биология с общ процент от 9,15 от посочилите кандидат-студенти някаква специалност на първо място в БФ. Но размахът между двете специалности също е голям – 7,83% от общите 9,15% се падат на специалността География и биология и само 1,32% са за специалността Биология и химия (Замфиров, 2013).

С най-ниски стойности са специалностите с педагогически профил във ФзФ – общо 5,9% от всички кандидат-студенти са посочили такава специалност на първо място през изследвания период – 2005-2013 г.

3,53% от 5,9% са посочили специалността Физика и информатика, а 2,37% са за специалността Физика и математика (Замфиров, 2013).

Същевременно резултатите за специалностите, предлагани от ФзФ, БФ и ФХФ, са явно под все по-остър натиск както от демографския срив, така и от отлива на кандидат-студенти към чуждестранни университети.

От друга страна, не само демографският срив оказва натиск върху СУ „Св. Климент Охридски“, но и извършената през последните години либерализация на системата на висше образование. Изход от ситуацията на първо време може да се търси в подхода на финансирането на университетите от държавата, в което се включват стипендиите (по-високи за студентите в природните факултети) и план-приемът, като се завиши и издръжката на студент.

Но основният проблем е въпросът за реализацията, който зависи много от субективни фактори или пък от регионалните неравенства в пазара на труда.

Евентуални бъдещи изследвания биха били интересни, ако се насочат едновременно към избора на специалност и реализация, понеже това би позволило проследяване на мотивацията на кандидат-студентите да избират едно или друго направление и да се разбере от какво се поражда интересът им и на какво се дължи популярността на дадена специалност.

## ЛИТЕРАТУРА

Замфиров, М. Динамика на интересите на кандидат-студентите към специалностите специална педагогика, логопедия и медицинска рехабилитация и ерготерапия в Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (2005-2013 г.). Годишник на Софийски университет – ФНПП, том 106, 2014.

Замфиров, М. Динамика на интересите на кандидат-студентите във Физически факултет, Биологически факултет и Факултет по химия и фармация на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (2005-2013 г.). Физика: методология на обучението, бр. 2, 2013.

Замфиров, М. Анализ на интересите на кандидат-студентите във Факултет по математика и информатика на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (2005-2013 г.). сп. Българска наука, бр. 57, май 2013.

Маркова, С., Б. Стамболов, Т. Веселинова и Р. Иванова. Особености на майчината смъртност в МБАЛ на гр. Плевен през периода 1977-2001 година. сп. Акушерство и гинекология, 2007, 2, 8-14.

<http://www.nsi.bg/bg/content>

[http://www.nsi.bg/sites/default/files/files/pressreleases/Education2013\\_LPN9VVX.pdf](http://www.nsi.bg/sites/default/files/files/pressreleases/Education2013_LPN9VVX.pdf)

[http://www.fashion-lifestyle.bg/comments.php?id=1996&target=new\\_comment#comment](http://www.fashion-lifestyle.bg/comments.php?id=1996&target=new_comment#comment)

<http://www.nsi.bg/otrasal.php?otr=23>

[http://bg.wikipedia.org/wiki/Население\\_на\\_България](http://bg.wikipedia.org/wiki/Население_на_България)

## БЕЛЕЖКИ

1 – По данни на НСИ сред специалистите в общообразователните училища 92,1% имат завършена образователно-квалификационна степен „бакалавър“ или „магистър“, а 7,6% са завършили образователно-квалификационна степен „професионален бакалавър“ или еквивалентна в миналото степен. В професионалните училища 94,0% са с образователно-квалификационни степени „бакалавър“ или „магистър“. НСИ, Образование в Република България през 2013/2014 учебна година.

2 – От този анализ са извадени участници, работещи в гимназиите, както и тези в защитените училища, поради сравнително малкия им брой.

## МЕЖДУНАРОДЕН ТУРНИР НА МЛАДИТЕ ФИЗИЦИ – ШКОЛА ЗА ОТЛИЧНИЦИ ИЛИ ОТЛИЧНА МЕТОДИКА ЗА ПРЕПОДАВАНЕ НА ФИЗИКА?

Гинка Екснер

Уводът ми вероятно ще звучи на много колеги странно, защото няма да е строго научен. Той обаче цели да покаже как опитът в нещо нестандартно може да промени изцяло разбиранията дори на някой като мен – напълно консервативен – по отношение на начина на преподаване на физика до пълна неузнаваемост. Тази публикация цели запознаването на колегията с идеите на състезанието „Международен турнир на младите физици“, като се надявам и други учители и университетски преподаватели да обърнат внимание на възможността за прилагането на задачите от това състезание, под една или друга форма, в преподаването на физика в средните училища или университетите.

Макар международната история на турнира да е с начало 1988 година, за мен тя започна през 2012 година, с първата ми среща с госпожа Валентина Иванова – главен експерт в МОН. Моите колеги – проф. д-р Йовчева и проф. д-р Ефтимов, и аз (гл. ас. д-р Гинка Екснер) получихме покана от нея да участваме като членове на жури за национално състезание, провеждащо се под егидата на Министерството на образованието и науката, наречено „Турнир на младите физици“. То трябваше да се проведе през пролетта на 2013 година. Аз не съм методист и не бих казала, че познавам добре училищната ни система, поради което и не бързах да поемам ангажимент към подобно начинание. Още повече, че „задължителните за отличен за срока“ мои участия в ученически олимпиади са ми оставили не особено положителен спомен. Все пак, къде от любезност, къде от любопитство, помолихме за повече информация. Много скоро ни бяха изпратени първо условията на задачите, а след това и компакт-диск със заснета една „битка“.

Четейки условията на задачите, да си призная, имах чувството, че не разбирам за какво става дума, ... а си мислех, че съм поне сравнително добър физик. Смущението ми нарасна още повече, когато видях как деца (нека не се обиждат младежите и девойките, но тогава така ги виждах) говорят с увереността на Нобелови лауреати и то с такава дълбочина и разбиране за сложни физични проблеми, качества, на които може да завиди всеки физик, бил той и с докторска степен. Тук е и моментът да добавя, че езикът на представяне на решенията не беше български, а отличен английски! В крайна сметка се запитах дали това е по силите ми, но тъй като сметнах, че все пак

става дума за престижа на втория по големина университет в България (Пловдивския университет), в който съм преподавател, реших, че не следва да отказвам поканата.

Колегата Ефтимов, поради огромното количество ангажменти по това време, се наложи да откаже, но проф. Йовчева и аз участвахме като жури на турнира през 2013 година. За радост, първо се оказа, че Националното състезание е част от селекцията на националните отбори за международния турнир, като условията на задачите са определени от компетентна международна комисия, съставена от университетски преподаватели и учители. Именно тази комисия, освен че селектира 17-те задачи (или по-скоро е редно да ги наричаме реални научни проблеми), препоръчва и подходяща научна литература, подпомагаща разработването им. Тук напълно съзнателно не използвам думата „решение“, защото нито един от 17-те проблема не се оказа, че има единствено или точно решение. Креативното е, че всеки от проблемите е така формулиран, че дава пълна свобода на подхода и дълбочината на третиране, в зависимост от интересите на учениците и тяхното ниво. Може да се използва например теоретичен подход, но може да се направи моделиране, не е изключено и да се разчита основно на експериментален подход. Именно тези елементи на турнира – прецизност на задаване на проблема, налична помощна научна литература и уникалната възможност за съобразяване на решението с нивото на целевата група – са причината да намирам прилагането на тези задачи напълно реалистично в ежедневната практика на преподаване на физика в училищата или университетите. Още повече, че новите преподавателски подходи като „проектно-базираното обучение“, „обучение чрез практика“ (*learning by doing*) или „активно учене“ (*active learning*) [1-8] набират все по-голяма популярност както в световен мащаб, така и у нас.

През вече станалата дългогодишна традиция на провеждане на международния турнир на младите физици, са натрупани достатъчно количество проблеми. Пълните текстове, както и списък с подходящите научни препратки, могат да бъдат намерени на официалната интернет страница на турнира [9]. Съществува и българска интернет страница на националното състезание [10], която понастоящем се обновява и чрез нея също ще могат да бъдат получени условията на български, като желаещите имат на разположение и електронен адрес за връзка.

Но нека се върна отново към самия турнир. Той не само че събужда траен интерес към физиката, който интерес, както се твърди на всички национални форуми, е драстично спаднал в последните години, но и култивира редица качества на участниците. Основна причина е изключително нетрадиционният формат на състезанието и начинът му на провеждане, както и оценяване на разработките. В началото на всяка учебна година желаещите да участват в националното състезание получават формулировката на проблемите на български език. За националния етап се подбират 12 от всичките 17 проблема. Състезанието е отборно, като всеки отбор се състои от 3 до 5 ученици във възрастовата група от 9 до 12 клас. Периодът от септември до февруари

(когато обичайно се провежда националното състезание) е времето за разработка на проблемите. Всеки отбор решава кой подход да предприеме. Окончателното „решение“ най-често се подготвя във вид на мултимедийна презентация, но разбира се, разрешени са и експерименти на живо, по време на състезанието. Работата в екип позволява, от една страна, учениците да получат такъв опит и, от друга страна, да се комбинират уменията на всеки от участниците в отбора – един може да направи симулация, друг експеримента, а трети да подготви теоретичната част.

По време на самото състезание, което се провежда в два поредни дни, отборите представят своите научни разработки. Това става подобно на рицарски двубой с три отбора участници – един, който хвърля ръкавицата и предизвиква на дуел (наречен Оponent), втори, който приема предизвикателството (Докладчик), и трети, който играе ролята на адютант (наречен Рецензент). Дуелът всъщност е наречен физична битка. Тя се състои от три етапа, като участват и трите отбора. Всеки отбор сменя последователно ролята си (по схема), като преминава и през трите възможни роли – на докладчик, опонент и рецензент. Във всеки етап на битката участва само един представител на отбора. Поради спецификата на предизвикване, всъщност докладващият отбор не избира сам проблема за докладване, а само се съгласява с избора на опонента, като има право да отхвърли до 2 проблема без наказание. Пълният текст на регламента е поместен на интернет страницата на МОН [11]. След приемането на предизвикателството докладчикът (представителят и неговият отбор) имат 5 минути да подготвят доклада си. След това представителят разполага с точно 12 минути да докаже тезата на отбора си. Това ограничение има положителен ефект, тъй като приучва участниците стегнато и логично да представят работата си. При това те имат и възможността да говорят пред публика, което за съжаление, поради въведената масова тестова система на изпитване, се случва рядко в часовете в училище или в университета.

Друг важен елемент от състезанието е слушането с разбиране. По времето, когато бива докладван проблемът, опонентът и рецензентът следва да слушат много внимателно. Веднага след приключването на 12-те минути опонентът трябва да зададе начални кратки въпроси към представеното „решение“. За отговорите са предвидени само 2 минути. Отборът опонент разполага с 4 минути да подготви своята част, на базата на представената разработка, собствените знания и отговорите на зададените въпроси. Следват 14 минути, през които двамата представители – един от отбора докладчик и един от отбора опонент – влизат в словесна битка. Целта на тази битка е доизясняване и прецизиране на разработката, както и коригиране на допуснати от докладчика грешки, ако са забелязани такива. Въпросите могат да са свързани с детайли по експеримента, теорията и др. според преценката на опонента. Журито следи нивото на компетентност по темата и на двамата участници в дискусиата. Ползата за самите участници е очевидна – те се научават ясно и точно да задават въпроси, както и да отстояват своята теза в спор. Важно място се отделя и на стила на поведение –



разрешено е само спортменско поведение, т.е. води се реален научен дебат. Тази част от битката приключва с допълнителни 2 минути, в които опонентът съобщава крайното си становище за нивото на третиране на проблема – включително положителните и отрицателните му елементи. След това думата получава рецензентът. Неговата задача е да покаже също разбиране, като направи пълен анализ на случилото се, т.е. да даде становище за представянето на двамата участника, като спомене плюсовете и минусите в представянето, като в допълнение следва да даде и лично становище по решението.

И ако мислите, че вече приключихме, грешите! Едва сега започват 5-те минути на журито. Членовете на журито (всъщност наречено национална комисия) имат право да задават въпроси, но не по-дълги от 30 секунди всеки, които изискват отговор до 30 секунди. Ако член на журито наруши правилото, председателят може да прекъсне питанния или съответно отговарящия. Въпросите помагат на журиращите да оформят своите крайни оценки (от 1 до 10). Всеки журиращ дава оценка за всеки участник, като по специална схема, съгласно регламента, се изчислява крайният сбор на отборите.

Така приключва един от трите етапа на една физична битка. Оценяването става в края на всеки етап и следователно всеки отбор получава по три оценки за всеки етап, от всеки журиращ... не е лесно, нали?

В първия ден от състезанието се провеждат по 2 битки за всеки отбор, наречени селективни, като целта е определянето на три отбора за финалната физична битка. Тя се провежда на втория ден. Докато селективните битки са на български, то финалът е на английски език. Този елемент е още една трудност, но пък възпитава навици за боравене със спецификата на физичната терминология на английски език, така необходима на всеки физик в работата му.

Мнозина сигурно са вече объркани, но нашите младежи и девойки не само че владеят физиката на ниво над стандартното за университет, не само че говорят свободно английски, но и много точно се ориентират и знаят регламента. Лично мен тези факти ме изпълват с истинска национална гордост и ми дават огромен положителен заряд. Мисля, че същото се случва и с моите колеги, членове на журито, както и с всички ръководители на отбори (учители, преподаватели, бивши участници в турнира и др.). Започнах да пиша за журито и трябва да спомена няколко думи и за него. Принципът на съставяне е такъв, че то следва да подготви националния отбор за международния турнир. С други думи – то се състои от специалисти, главно научни работници и университетски преподаватели, от различни области.

Селекцията на националния отбор става веднага след финалната битка. Журито избира 10-те члена на разширения национален отбор на базата на представянето им по време на състезанието. В зависимост от работата им по време на подготовката за международното състезание, от тях се селектират 5-имата за националния отбор, който представя страната ни. Благодарение на добрата подготовка на нашите талантиливи младежи и девойки имаме спечелени 3 пъти бронзови (2004 г., 2005 г., 2013 г.) и един

път сребърни (2015 г.) медали. Добрата подготовка на отбора ни се дължи естествено на първо място на учителите по физика, които всъщност макар и като извънкласна форма прилагат методите на обучение чрез практика, проектно-ориентираното обучение и активно обучение. Това показва и тяхното ниво, сравнимо с най-добрите не само в Европа, но и в света.

Следователно, както показва практиката на тези чудати и неуморни хора (вметвам само, че няма специално финансиране за материали и подготовка, нито хонорари), методът работи и дава радостни резултати. Българските младежи, минали през школата на турнира, са приети още преди да завършат средното си образование в най-престижните университети по света (Масачузетския технологичен институт, Харвард, Кеймбридж и мн. др.), като в немалка част от случаите им е гарантирана и пълна стипендия за целия период на следване. Разбира се, една част от тях са студенти или възпитаници и на нашите университети.

По едно странно стечение на обстоятелствата, аз не само че станах член на националното жури, но вече два пъти съм била и един от ръководителите на националния отбор. Първият път бе през 2013 година, като заедно с мен ръководител бе едно младо и много талантиливо момиче, понастоящем елитна студентка от факултета по медицина към Софийски университет – Аслихан Елиаз. Тя имаше богат опит като участничка в този турнир и нейните добри съвети помогнаха на отбора ни да спечели бронзови медали в Тайван. Вторият път беше тази година (2015), като този път бяхме заедно с г-жа Даниела Иванова, учителка от математическа гимназия „Баба Тонка”, гр. Русе. Тя е един от дългогодишните ръководители на отбори за националното състезание и трикратен ръководител на националния отбор. Този път отборът ни се върна със сребърни медали. Лично за мен много важна роля в подготовката играят и членовете на националната комисия, както и учителите на участниците в отбора, а всъщност и някои родители. Тук специално място искам да отделя на г-н Свилен Русев. За мен, той и двата пъти, в които съм била ръководител на националния отбор, е бил третият ръководител на отбора. Той има най-дълъг опит от всички, като участва с отбори от самото начало на турнира, бил е неколкостепенен ръководител и на националния отбор и притежава невероятно заразителен ентузиазъм за работа.

Един детайл, който е важен за успешната подготовка на националния отбор, е темата за доброжелателите. МОН разполага със средства за билети на участниците в отбора и неговите ръководители, както и частично за подготовката на отбора. Една част от необходимите средства и/или реална помощ се набавят чрез спонсори. Наш най-голям спонсор през годините от 2009 досега е фондация „Америка за България”. Разполагаме и с голямо количество други доброжелатели – това са хората от различни български фирми, колеги от институти на БАН, преподаватели в университетите на страната и родители, които безвъзмездно предоставят апаратура и/или правят с нас опити. Благодарение на тях, всъщност доколкото е възможно,

компенсираме липсата на 6-месечна индивидуална подготовка на всеки от отбора, в специално създадена лаборатория, от голям екип от професори, което се оказва златната формула на четирикратните носители на Световната купа по физика от турнира – тимът на Сингапур.

На проведения тази година международен турнир имах и задачата да участвам в международното жури. В непринуден разговор в една от почивките стоящата до мен дама от журито от Австралия ми зададе въпроса в кое училище съм учителка. Аз ѝ обясних, че всъщност не съм учител, нито съм преподавател по методика, а тя възкликна „Ами какво правите тогава тук?“. Замислих се и отвърнах, че е просто заразно. В края на международното състезание през 2013 година обях, че присъствието ми в Тайван е резултат на чиста случайност и няма да се повтори, а още в самолета се улових, че чета задачите за следващата година! Така се запалих, че ми е трудно да спра да мисля какви ли ще са новите проблеми, какво е физичното им обяснение. На дамата не можех да обясня, но тук обяснявам, че това е ефектът на слънчогледовите семки – започнеш ли да го чоплиш, спираш едва когато свършат.

Това не се случва само с мен. Когато тази година в Тайланд отидох да поздравя момичето, с което бяхме в една стая в хотела през 2013 година (Катрин), тя се усмихна и ми каза – виждаш ли, че не е било случайно. Сега си за втори път, догодина за трети и така – както се е случвало с всички нас. Всъщност и в национален план е същото, след нас двете с колежката Йовчева, проф. Ефтимов тази година също не устоя, а нашият млад колега ас. д-р Иван Бодуров вече две години, също като нас, журира и подготвя националния отбор. Явно наистина турнирът е заразно добро!

За да обясня в какво точно се състои магията, която би заразила и вашите възпитаници, ще дам няколко примера за проблеми, давани на турнира. Забелязвали ли сте, че медът или шампоанът, когато падат върху твърда повърхност, рисуват спирала с намаляващ или пък с еднакъв диаметър, или описват осморки [12]? Едва ли, но това е факт, като дори има точно определени параметри, които определят типа на рисунката. Ако наивно си мислите, че отговор следва да търсим в книжка със занимателни опити по физика, грешите! Част от отговорите са публикувани в едни от най-реномираните списания за физика [13-15]. От физична гледна точка става дума за нелинейна динамика на флуиди, но експериментът сам по себе си е изключително занимателен и лесен за реализиране. Веднъж започнал, ученикът (в зависимост от нивото си) се старее да стигне до дъното на проблема. Така в игра и с активно мислене ученето на физика става стъпка по стъпка и то напълно без натоварване, преодолявайки психологичната бариера, че „физиката е трудна и скучна“.

Възбудих ли вече достатъчно интерес? Ако все още не, то можете ли да отговорите на въпроса защо дрехите изглеждат тъмни или с променен цвят, когато са мокри? Ако мислите, че отговорът този път е прост, отново грешите. Всъщност разработването на този проблем минава през етапите на процеса мокрене, видовете тъкани и взаимо-

действието им с различните видове течности, капилярните явления и се простира до експерименталното разработване на установка за измерване на двупосочна отразителна функция на разпределение (*Bi-Directional Reflectance Distribution Function*). А ако се питате дали такъв проблем не е безполезен – отговорът е определено не. Роботите за работа на Марс или други планети например се нуждаят от алгоритъм за разпознаване на мокро и за различаване на тъмно от мокро. В земеделието пък подобни работи биха разпознавали дали пръстът е мокра или може да се обработва. Автоматичните безпилотни автомобили на бъдещето също ще се нуждаят от подобна възможност за разпознаване и избягване на неподходящи терени.

Ако пък се нуждаем от пример с ясна педагогическа насоченост, то това е опитът с чинийка и свещ. Чинийката се запълва с течност около половин сантиметър. В нея се поставя малка запалена свещ. Свещта се покрива с прозрачна чаша. Това, което се наблюдава, е повдигането на нивото на водата в чашата след изгасването на свещта. Подобен опит позволява да се разкаже цялата термодинамика, ако искате.

Примерите могат да се безброй, но ако и вие сте станали поклонник на тези проблеми, то дълбайте! Всичко необходимо ще намерите на интернет страниците, дадени в литературната справка. А аз и моите колеги ще отговорим с удоволствие на вашите въпроси. Имената на българските ученици, спечелили медалите, можете да намерите на сайта на международния турнир. Ако искате обаче да видите вашето или това на ваши възпитаници имена написани догодина, то не забравяйте, че 2016 година също чака своите герои, а физиката – своето бъдеще. Бъдещето на физиката в България е в нашите ръце чрез иновативните практики на преподаване, създаващи траен интерес към тази причудлива, важна и полезна наука.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **S. Hall**, *Active learning*, (2015) Massachusetts Institute of Technology, <http://web.mit.edu/edtech/themes/activelearning.html>
2. *Learning by Doing* (2014) Harvard magazine, 18-22. <http://harvardmagazine.com/2014/05/learning-by-doing>
3. **M. Prince**, *Does Active Learning Work? A Review of the Research* (2004) Journal of Engineering Education, 5-9.
4. **J. Eison**, *Using Active Learning Instructional Strategies to Create Excitement and Enhance Learning* (2010) Cornell University, Center for teaching excellence, 1-20. <http://www.cte.cornell.edu/documents/presentations/Eisen-Handout.pdf>
5. **J. Ingmire**, *Learning by doing helps students perform better in science* (2015) The University of Chicago, <http://news.uchicago.edu/article/2015/04/29/learning-doing-helps-students-perform-better-science>
6. *Classroom Activities for Active Learning* (2009), University of North Carolina at Chapel Hill, UNC Center for Faculty excellence. <http://cfe.unc.edu/files/2014/08/FYC2.pdf>

7. **D.R. Paulson, J.L. Faust**, *Active learning for the college classroom*. (2005) California State University, L.A. <http://www.calstatela.edu/dept/chem/chem2/Active/>
8. **R.M. Felder, R. Brent**, *Learning by doing* (2003) Chemical Engineering Education, 37(4), 282-283.
9. [www.iypt.org](http://www.iypt.org)
10. <http://87.126.223.84/iypt/index.php?p=news>
11. <http://www.mon.bg/?go=page&pageId=16&subpageId=80>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=zz5IGkDdk78>
13. **S. W. Morris, J.H.P. Dawes, N.M. Ribe, J.R. Lister**, *Meandering instability of a viscous thread* (2008) Phys. Rev. E, 77, 066218
14. **L. Mahadevan, W.S. Ryu, A.D.T. Samuel**, *Fluid 'rope trick' investigated* (1998) Nature, 392, 140
15. **N.M. Ribe, H.E. Huppert, M.A. Hallworth, M. Habibi, D. Bonn**, *Multiple coexisting states of liquid rope coiling* (2006) J. Fluid Mech., 555, 275-297

## АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

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

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

### София

- Книжарницата на БАН: София 1000, ул. „15 ноември“ № 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5
- Книжарница „Нисим“, бул. „В. Левски“ 59
- Съюз на Физиките в България, Физически факултет, СУ „Св. Климент Охридски“: София 1164, бул. „Джеймс Баучър“ 5, Снежана Йорданова, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: [upb@phys.uni-sofia.bg](mailto:upb@phys.uni-sofia.bg)

### Варна

Народна Астрономическа Обсерватория и Планетариум „Николай Коперник“, Приморски парк 4

## „ФИЗИКА НА ЖИВАТА МАТЕРИЯ“ ОТ АКАД. А. ПЕТРОВ

В. Пенчева



На 9 октомври 2015 г. в Големия салон на БАН на редовно заседание на Отделението за природо-математически науки, съвместно с Института по физика на твърдото тяло, БАН, бе представена новата книга: „**ФИЗИКА НА ЖИВАТА МАТЕРИЯ**“ от акад. А.Г.Петров, изд. на БАН „Проф. Марин Дринов“ (2015). Книгата излиза при поддръжката на проект РЕГПОТ-ИНЕРА на ИФТТ с ЕС. Презентацията бе направена от акад. Ангел Попов.

„Физика на живата материя“ е ново понятие в речника на физическите науки. Живата материя от обща физическа гледна точка спада към един особен тип кондензирана материя, известна като мека кондензирана материя.





Тази монография е посветена на приложението на течнокристалния подход от физиката на меката материя в биофизиката на мембраните. Основни обекти са лиотропните течни кристали: концентрирани разтвори на сапуни и детергенти, както и на голямо многообразие от биологичноактивни вещества: липиди, липополизахариди, белтъци, нуклеинови киселини, и т.н. Меката течнокристална материя показва всички онези видимо удивителни, но характерни за течните кристали способности за високоспецифични реакции към най-слаби външни въздействия, които същевременно са комбинирани с относителна структурна устойчивост и възможност за възстановяване на изходната структура след отстраняване на тези въздействия. Това е, което прави лиотропната материя най-подходящо агрегатно състояние за живата материя. Това е и нативното състояние на най-високо организираната материя в природата, човешкия мозък. Изчерпателно монографично третиране на молекулната физика и биофизика на живата материя не е налично в литературата.

Монографията е написана за специалисти по течни кристали, които не са запознати с физиката на живата материя, за биофизици, които не са запознати с учението за течните кристали, както и за експерти в тези две области. Студентите по физика, физикохимия, биофизика, биохимия и молекулярна биология също биха могли да разберат книгата в по-голямата ѝ част. Книгата разглежда както теорията, така и експеримента в тази бурно развиваща се област на науката. Тя представя модерен поглед върху състоянието на специализираната литература, като излага и редица оригинални резултати на автора, между които централно място заема учението за биофлексоелектричеството.

**ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА  
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ  
НА АДРЕС:  
<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>**

## **АКАД. АЛЕКСАНДЪР ПЕТРОВ БЕШЕ ИЗБРАН ЗА ПРЕЗИДЕНТ НА БАЛКАНСКИЯ ФИЗИЧЕСКИ СЪЮЗ**



*Новото ръководство на Балканския физически съюз: (от ляво надясно) проф. Баки Акуш – Турция, проф. Константинос Вурлиас – Гърция, проф. Раду Константинеску – Румъния, проф. Горан Джорджевич – Сърбия, академик Александър Петров – България; досегашният президент проф. Йесим Йоктем – Турция*

От 24 до 27 август 2015 в Истанбул се проведе 9-ата международна конференция по Физика на Балканския физически съюз.

Конференцията имаше около 700 участници, като около половината бяха от Турция. Представени бяха всички страни-членки на Балканския съюз (Албания, България, Гърция, Македония, Молдова, Румъния, Сърбия, Турция). Освен тях имаше участници от цяла Европа и света. България се представи с 30 души участници (от БАН, СУ „Св. Кл. Охридски“ – ФЗФ, Пловдивски университет, Бургаски университет), от които 2 с поканени и 7 с устни доклади. Направен бе преглед на постиженията на физиката на Балканите за последните 3 години след 8-ата конференция.

Съгласно Албанската декларация и Конституцията на Балканския съюз, Съветът

на Съюза проведе редовно заседание за избори за ново ръководство. За нов президент на Балканския физически съюз през следващия 3-годишен мандат бе избран видният български физик академик Александър Петров, който е председател на Отделението по природно-математически науки на САЧК-БАН, както и на Съюза на физиците в България. Така БАН и българската физика получават авторитетната задача да ръководят физиката на Балканите с нейните многобройни научни инициативи, както и да организират следващата, 10-а юбилейна конференция по физика на Балканския съюз през 2018 година.

## НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ  
BG82CREX92601013508300  
BIC: CREXBGSF  
ТОКУДА БАНК АД

## МЕЖДУНАРОДНИЯТ ДЕН НА МЕДИЦИНСКИЯ ФИЗИК СЕ ПРЕВРЪЩА В ТРАДИЦИЯ

Тодорка Л. Димитрова

Огромните стъпки, с които върви напред съвременната медицина, без съмнение се дължат на съвместните усилия на лекари, физици и инженери. Благодарение на тяхното ползотворно сътрудничество човечеството разполага с все по-модерни, разнообразни и прецизни методи за диагностика и терапия, допринасящи за опазване на човешкото здраве и разкриване на тайните на живата материя. Необходимост от съвместно участие на физици и лекари в диагностичните и терапевтични процедури обаче възниква едва в началото на 20 век, когато в медицинската практика се въвежда използването на новооткритите рентгенови и радиоактивни лъчения. Това поставя начало на една нова област на човешкото познание – медицинската физика, която далеч надхвърля границите на приложение на физичните методи и техники в медицината. Спецификата на тази наука изисква задълбочени познания и практически опит както в областта на физиката и инженерните науки, така и на медицинските.

От пионерската работа на първите медицински физици до официалното признаване на тяхната професия през 2012 г. изминава почти едно столетие. Съществена роля в този процес имат Европейската асоциация на организациите на медицинските физици (EFOMP), Международната организация на медицинските физици (IOMP), Международната федерация за медицинско и биологично инженерство (IFMBE), Международният съюз за физични и инженерни науки в медицината IUPESM) и Международната агенция за атомна енергия (IAEA). Важно е да споменем, че Българското дружество по биомедицинска физика и инженерство (БДБФИ), основано през 1971 г., е съосновател на EFOMP и е едно от първите в Европа.

Международните организации на медицинските физици обсъждат идеята за професионален празник в продължение на 15 години. Предложението е на Симоне Кулдович–Диас, тогава президент на Бразилската асоциация по медицинска физика. Датата 7 ноември е предложена от Славик Табаков, Джон Дамилакис и Мадан Рехани по време на Европейската конференция по медицинска физика и инженерство, проведена в София през 2012 г. През същата година то е прието от Международната организация на медицинските физици (IOMP), в която членуват 82 държави.

### Международен ден на медицинския физик

Международният ден на медицинския физик (International Day of the Medical Physicist, IDPM) е манифестация на постиженията на медицинската физика и признаване към обществено значимия труд на медицинските физици по цял свят. Работата

на медицинските физици играе важна роля не само в клиничната практика, но и в образованието, науката и разработването на медицинска апаратура, базираща се на най-новите научни открития и технологии. През 2012 г. EFOMP обявява този празник да бъде честван на 7 ноември [1].

На 7 ноември 1867 г. е родена Мария Склодовска-Кюри, единствената жена лауреат на две Нобелови награди (през 1903 г. – за физика, през 1911 г. – за химия) [2]. Тя има изключителни заслуги за изследване на радиоактивността, развитие на техниките за изолиране на изотопи и откритието на два нови химични елемента – радия и полония. Мария Кюри е един от пионерите в радиологията. По време на Първата световна война, заедно с дъщеря си Ирен, разработва мобилните рентгенови звена за работа във военно-полеви условия. Организира курсове за рентгенолози и техници на рентгенова апаратура. Нейна заслуга е създаването през 1918 г. на Радиевия институт в Париж, носещ днес името ѝ. Там Мария Кюри посвещава творческите си усилия върху приложенията на радиоактивните елементи в медицината, а по-късно основава и Радиев институт във Варшава. В ръководената от нея лаборатория за първи път в света се правят опити за лекуване на ракови клетки с помощта на лъчетерапия. С това допринася за развитие на радиологията и застава сред първите медицински физици в света. Мария Склодовска е първата жена, защитила докторска дисертация в Парижката академия на науките. Тя е и първата жена професор в Сорбоната (1906 г.). Известна като „полската Пепеляшка и примата на физиката“, Мария е пример за подражание и вдъхновение на много жени в науката. Неслучайно името ѝ стои на първо място в британската класация на 40-те жени, променили в най-голяма степен света [3]. В този ред от мисли, изборът на рождената дата на Мария Кюри за честване на Международния ден на медицинския физик цели още насърчаване на жените за работа в една от най-новите професии, чиято роля в клиничната медицина, обучението, науката и развитието на медицинската техника расте неимоверно бързо.

Международният ден на медицинския физик беше честван за първи път на 7 ноември 2013 г. под надслов “Риск при медицинско облъчване? Попитай медицинския физик!” (*Radiation Exposure from Medical Procedures: Ask the Medical Physicist!*). Темата е провокационна. Тя цели да информира обществото за качеството и безопасността на медицинските процедури, използващи йонизиращи лъчения, като изясни изключително важната роля на медицинския физик за тяхното осигуряване. Медицинският физик оптимизира радиационните процедури, като извършва прецизни измервания и изчисления, за да максимизира ползата от облъчването и минимизира потенциалния риск, който то носи. По думите на председателя на БДБФИ проф. Женя Василева: „Въпросът е да намалим риска до разумния минимум. И тук медицинските физици имат своята роля. Една от основните ни цели е да чуят младите хора – ученици, студенти, за тази професия.“ [8]. Недостигът на клинични медицински физици в Европа поставя за решаване сериозни проблеми както пред

болничните заведения, така и пред държавните институции. От друга страна, това е ясен апел към университетите, които могат и трябва да подсиgurят обучението на такива специалисти.

Мотото на IDPM'2014 – “Да погледнем в тялото: прогрес на образната диагностика чрез медицинската физика” (*Looking into the Body : Advancement in Imaging through Medical Physics*) е мотивирано от присъждането на медицински физици на две Нобелови награди по физиология и медицина. През 1979 г. едната е връчена на Алан Кормак и Годфри Хаунсфийлд за разработване на компютърната томография, а другата – през 2003 г. на Пол Лотърбър и Питър Мансфийлд за открития, довели до разработката на магнитно-резонансната томография.

Честването на IDPM'2013 беше отбелязано в 23 страни: Полша, Франция, Италия, Аржентина, Австралия, Нова Зеландия, Бангладеш, Бразилия, България, Чили, Колумбия, Куба, Гърция, Индия, Иран, Корея, Непал, Парагвай, Перу, Португалия, Катар, Тайланд и Обединеното кралство. През 2014 към тържествата се присъединиха и други страни. В България те бяха инициирани от БДБФИ, Българското дружество по ядрена физика, Съюза на учените в България, университети, университетски и онкологични болници, отделения и клиники по образна диагностика, лъчетерапия и нуклеарна медицина. В София, Пловдив, Варна, Враца, Русе и Шумен бяха организирани семинари, публични лекции, ден на откритите врати, репортажи и публикации в масмедиите.

### Три международни празника, обединяващи физиката и медицината, честват заедно три Пловдивски университета

Вече втора година три университета в Пловдив отбелязват заедно три международни празника, обединяващи физиката и медицината. Разработването на първата магистърска програма по Медицинска радиационна физика и инженерство в България (1995-1997 г.) свързва в тясно сътрудничество Пловдивския (ПУ), Медицинския (МУ) и Техническият (ТУ) университети в града на тепетата. Освен грижата за обучението и реализацията на медицинските физици, то се изразява и в съвместни научни разработки и технически решения в тази област. Общи са и трите празника – Рожденият ден на Мария Кюри (7 ноември), Международният ден на медицинския физик (7 ноември) и Международният ден на образната диагностика, известен още като ден на рентгенологията и лъчетерапията (8 ноември).

Домакин на тържеството през 2013 г. беше Медицинският университет. Бяха поднесени поздравителни адреси от президента на IOMP Dr. Kim Yin Cheung, от председателя на Комисията по образование към IOMP Prof. John Damilakis, от председателя на БДБФИ проф. Петър Триндев и от ръководителя на катедрата по образна диагностика към МУ-Пловдив проф. Кичка Велкова. От името на IOMP доц. Магдалена Стоева разясни идеята и инициативите, предприети по повод на IDPM. За ролята



на медицинския физик в лъчелечението говори проф. Янева, началник на Клиниката по лъчетерапия и нуклеарна медицина към УМБАЛ "Св. Георги" – Пловдив. Акцент върху конкретни проблематики от областта на образната диагностика и лъчетерапията сложиха преподаватели и лекари от Катедрата по образна диагностика и Катедрата по медицинска физика и биофизика на МУ, от Клиниката по лъчева терапия със сектор Нуклеарна медицина и Отделението по образна диагностика на УМБАЛ "Св. Георги". Историята, проблемите и перспективите на обучението по медицинска физика в Пловдивския университет представи доц. Тодорка Димитрова. Проф. Гриша Спасов и доц. Галидия Петрова споделиха опита си в обучението по биомедицинско инженерство в Техническия университет, както и научни изследвания по проблемите на електронното здравеопазване. За живота и делото на проф. Елисавета Карамихайлова, първия български ядрен физик, разказа проф. Никола Балабанов и подари на присъстващите новата си книга, посветена на нея. Тържеството завърши със забавна програма „Физиката във вашите ръце“, в която физикът от ПУ Стефан Николов чрез физични демонстрации обясни някои биофизични явления, свързани с дишането и сърдечната дейност на човека. Бяха раздадени брошури, флаери и значки, посветени на Международния ден на медицинския физик.

Домакин на тържеството през 2014 г. беше Пловдивският университет. Деканът на Физическия факултет, доц. Желязка Райкова, поздрави участниците и гостите, като подчерта особеното внимание, което заслужава обучението по медицинска физика, провеждано във факултета както на бакалавърско, така и на магистърско ниво. Поздравителни адреси поднесоха председателят на БДБМФИ проф. Петър Триндев, председателят на СУБ-Пловдив проф. Симеон Василев и деканът на Факултета по електроника и автоматика към ТУ-Пловдив доц. Галидия Петрова. Гости на семинара бяха медицински физици, лекари и инженери от Пловдив, София, Стара Загора и Хасково, както и много студенти. Слово, озаглавено „Мария Кюри – между славата и мъченичеството“, произнесе проф. Никола Балабанов. В него той разказа за драматичната и героична съдба на патрона на двата празника. Доклади изнесоха специалисти от Катедрата по атомна и ядрена физика и Катедрата по експериментална физика на Пловдивския университет, от Катедрата по образна диагностика и Катедрата по медицинска физика и биофизика на Медицинския университет, от Клиниката по лъчева терапия със сектор Нуклеарна медицина и Отделението по образна диагностика на УМБАЛ "Св. Георги". Докладите бяха разделени в три направления. Първо, бяха разгледани спецификите на медицинското радиационно облъчване и методите за образна диагностика, като беше акцентирано на тяхната информативност и безопасност. Второ, преподавателите от Пловдивския университет обърнаха внимание на нарастващата тенденция за приложение на оптичните методи в медицината. Трето, бяха представени някои научни изследвания от клиничната медицинска практика. Специалната награда – рекламна фланелка на Международния център по теоретична

физика в Триест, разиграна на томбола – спечели четвъртокурсникът по медицинска физика Тодор Узунов. В анонс на Международната година на светлината (2015 г.), семинарът завърши с ефективна физична демонстрация, разработена от доц. Димитрова и ас. Кабаджов, чрез която беше представен дифрактометричен метод за определяне на размерите на еритроцити.

Честването на международния ден на медицинския физик се превръща в традиция. Домакин на IDPM'2015 ще бъде Съюзът на учените в България – клон Пловдив, чиито колективни членове са трите водещи пловдивски университета.

## ЛИТЕРАТУРА

1. John Damilakis, *Message from the Chairman of the IOMP Education and Training Committee*, <http://www.iomp.org/?q=content/message-chairman-iomp-education-and-training-committee-prof-john-damilakis>
2. [http://en.wikipedia.org/wiki/Marie\\_Curie](http://en.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie)
3. Stephen McGinty, The 40 women who 'changed the world', <http://www.scotsman.com/lifestyle/the-40-women-who-changed-the-world-1-3614874>
4. Darik news, За първи път отбелязваме Международния ден на медицинската физика, 7 ноември 2013, [http://dariknews.bg/view\\_article.php?article\\_id=1170122](http://dariknews.bg/view_article.php?article_id=1170122)
5. <http://www.iomp.org/idmp/>
6. <http://www.iomp.org/idmp/index.php/component/content/article/89-idmp-2014/94-message-from-the-iomp-president-dr-kin-yin-cheung-2>

Посетете нашия сайт  
[www.fpni.eu](http://www.fpni.eu)

На него можете да откриете всички списания на  
 СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА от 1991 г. досега

Стогодишнината от рождението на един от пионерите на теоретичната и математична физика в България, основател и първи директор на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) при БАН – акад. Христо Я. Христов, беше повод за тържествено събрание в Големия салон на Академията на 12 юни 2015 г. Честването на едновековния юбилей на акад. Христов (1915-1990 г.) беше организирано от БАН, ИЯИЯЕ, СУ „Св. Кл. Охридски“, Съюза на учените в България и Съюза на физиците в България.

От името на ръководството на БАН поздравителен адрес поднесе чл.-кор. Николай Милошев. Той изтъкна, че акад. Христов е наистина забележителна фигура, не само като изтъкнат физик-теоретик, но и като педагог, изобретател и организатор на науката, радвал се на широка международна известност и всеобщо признание.

Основният доклад беше изнесен от директора на ИЯИЯЕ доц. Димитър Тонев. Приветствия бяха поднесени от Съюза на учените и Съюза на физиците. Колеги и ученици на именития учен разказаха спомени за него.

Зам.-председателят на Столичния общински съвет Прошко Прошков обяви пред присъстващите, че с решение на Столичната община улица в район „Лозенец“ ще бъде наречена на името на акад. Христо Христов.

Тържественото събрание започна с изпълнения на академичния хор „Ангел Манолов“. Събитието завърши с прожекция на филма „Един ден на академик Христо Янков Христов“.

Във фойето на БАН бе подредена изложба, посветена на акад. Христов.

По-рано същия ден бяха поднесени цветя на паметната плоча на акад. Христов пред централната сграда на ИЯИЯЕ (бул. „Цариградско шосе“ 72).

## АКАД. ХРИСТО Я. ХРИСТОВ ВИДЕН ФИЗИК-ТЕОРЕТИК, УЧИТЕЛ И ОРГАНИЗАТОР НА НАУКАТА

Нели Стоилова, Димитър Тонев

Акад. Христо Христов е роден на 12 юни 1915 г. във Варна в учителско семейство. На четиригодишна възраст загубва баща си и заедно с по-големия си брат подпомагат майка си в трудните следвоенни години. Учи в реалния отдел на Варненската мъжка гимназия „Фердинанд I“. Там прави първите си стъпки във висшата математика и публикува в списанието на физико-математическото дружество решението на две задачи, поставени от югославския математик проф. Карамата.

Христо Христов симпатизира на левите идеи, вярва и се бори за едно ново, справедливо общество – убеждения, които той отстоява през целия си живот. Неговите възгледи и участието му в ученическа стачка са причина за изключването му от Варненската гимназия. Така той е принуден да завърши средно образование в Разград през 1934 г. Постъпва във Физико-математическия факултет на Софийския университет, като се дипломира през 1938 г. с пълно отличие, полагайки едновременно изпитите по специалностите физика и математика.

Способностите и талантът му са оценени от утвърдените математици по време на неговото студентство. Именно по препоръка на проф. Любомир Чакалов и проф. Кирил Попов той получава стипендия за специализация в Сорбоната, Париж. Там започва работа при Франсис Перес, но започналата Втора световна война осуетява завършването на специализацията в областта на квантовата механика. През 1942 г. Христов е назначен за асистент в Катедрата по Специална физика, метеорология и геофизика към Физико-математическия факултет на Софийския университет.

По пътя на академичното израстване той заема последователно длъжностите асистент, доцент, професор, член-кореспондент, академик; декан на Физико-математическия факултет, за да достигне ръководни позиции в българската и световната наука като вицедиректор на Обединения институт за ядрени изследвания, Дубна; директор на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика; ректор на Софийския университет; заместник-председател на БАН. Животът му е наситен с интензивна научна и преподавателска работа, преплетен е с нарастваща административна дейност.

Ранните изследвания на акад. Христов са в областта на чистата математика. Той работи съвместно с един от най-добрите български математици Ярослав Тагамлицки по теореми за сходимост в Лебегов смисъл на определен вид интеграли и техни обобщения [1], тематика, която изисква владение на най-съвременните математични методи, използвани в теоретичната физика, и в частност на тънкостите на квантовата механика.

Изследванията на Христов са посветени главно на проблема за аксиоматизиране на физичните теории и приложение на групите на Ли във физиката на елементарните частици. Възгледите му за аксиоматиката във физиката са ясно представени в работата „Понятието енергия в съвременната физика“ [2]:

“... във всеки етап от своето развитие физиката, както и всяка природна наука, притежава едно повече или по-малко строго изграждане, при което всяко физично понятие и всеки закон имат места, определени от законите на логиката. Това систематично изграждане на физиката почива върху известен брой понятия и величини, смисълът и методите за измерване на които се считат поначало ясни от опита и наблюдението, и върху известен

брой основни твърдения (аксиоми, принципи или хипотези), които се приемат, без да се доказват. Тогава въз основа на тия понятия и твърдения по законите на дедуктивната логика се дефинира съдържанието и измерителните методи на всички други понятия и величини и се извеждат всички други закони и следствия. С тая схема се характеризира аксиоматичният метод за изграждане на физиката и изобицо на всяка природна наука.“

Много активен творчески период на акад. Христов са петдесетте години на миналия век. Тогава той публикува серия от статии в Доклади на Академията на науките на СССР [3]–[7], посветени на взаимодействие на електромагнитното излъчване с веществото. Те са представени от световноизвестните академици М.А. Леонтович и Н.Н. Боголюбов. В същия период са публикувани и няколко поредни статии в Журнал экспериментальной и теоретической физики (ЖЭТФ) [8]–[10], посветени на образуване на лавини в космичните лъчи, по това време актуална и бързоразвиваща се област.

В част от последните си изследвания акад. Христов се връща на проблема за аксиоматизиране на квантовомеханичната теория на разсейване и нейния математичен апарат. Полетата в квантовата теория са обобщени функции, които обаче невинаги могат да се умножават. Това води до неопределености и въпреки че има процедури за тяхното отстраняване, те не винаги са приложими. В тази връзка акад. Христов дефинира т.нар. асимптотични функции и асимптотични числа.

Общоприет подход в квантовата теория е полетата да са функции на четирите координати на пространството на Минковски, което означава, че полетата са функции на част от параметрите на групата на Поанкаре. Христов разглежда полетата като функции на всички десет параметъра на групата на Поанкаре [11] с цел да се намерят нови нетривиални модели в квантовата теория на взаимодействиящите полета. Така той намира нелинейни представяния на групи на Ли, класифицира ги и въвежда многозначни представяния на групата на Лоренц.

В серия от работи акад. Христов изследва движението на молекули, йони и други микрочастици с методите на статистическата физика. Намира точната стойност на коефициента на триене във формулата на Ланжвен за брауновото движение. В друга група работи изследва модел на развитие на лавини в нееднородна и изменяща се среда. Приноси на акад. Христов откриваме в почти всички области на съвременната физика: електроника, теория на твърдото тяло, ядрена физика, физика на елементарните частици, космология и др.

Акад. Хр. Христов е крупен деец и организатор на науката. Той, заедно с акад. Георги Наджаков и акад. Емил Джаков, е сред учредителите на Обединения институт за ядрени изследвания (ОИЯЕ), Дубна на 26 март 1956 г.



Делегацията при учредяване на ОИЯИ, 1956 г. Редом с акад. Хр. Христов са Р. Аврамов – министъра на просветата (председател на делегацията), акад. Г. Наджаков и чл. кор Е.Джаков

По-късно, в периода 1968–1970 г., акад. Хр. Христов е негов вицедиректор, а от 1972 г. до 1990 г. е пълномощен представител на България в ОИЯИ.

Във Физическия институт на БАН акад. Хр. Христов ръководи секцията по Космическо лъчение със станция на връх Мусала от 1962 г. до 1968 г., както и секцията по Теория на полето и елементарните частици от 1963 г. до 1972 г. Той е основоположник на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика (ИЯИЯЕ) при БАН и



Директорът Боголюбов и двамата вицедиректори – акад. Хр. Христов и Содном (Монголия)





Акад. Хр. Христов с Цв. Вълков –  
вицедиректор на ОИЯИ

давател, който с лекота завладява аудиторията. В Софийския университет той въвежда курс по *Математически методи на физиката* (1947–1990). В продължение на две десетилетия, от 1947 г. чете курса по *Електродинамика*. Води и специален курс по *Физика на елементарните частици* (1959–1975).

Акад. Христов отдава голямо значение на дейността на *Дружеството на физиките в България*. Той е избран за негов председател през 1971 г., след разделяне на физико-математическото дружество. Разделяне, което смята за неуместно. Много-странна е работата на акад. Христов по тази линия. Тук ще споменем само, че той е инициатор на Първия национален конгрес по физика и на първите национални конференции, посветени на обучението по физика, които се провеждат ежегодно и до днес.

Акад. Хр. Христов проявява възрожденски ентузиазъм в популяризирането на физиката сред най-младите. Той знае, че трябва да спечели бъдещи учени и специалисти още от училищната скамейка. Затова, следвайки трудния път на нашите будители безсребърници, работи неуморно сред учители и ученици, в столицата и в далечната провинция, разпръсквайки щедро светлината на модерната наука. Колко е важна тази дейност и как болезнено ни липсват учени-ентузиастични като акад. Христов проличава днес, когато интересът към природните науки е достигал опасен минимум.

Той не се задоволява само с беседи и популярни статии, и макар учен-теоретик, проявява жив интерес и подкрепя всеотдайно физическия експеримент. Още като ученик и студент конструира химически и физически прибори. По-късно, вече академик, участва в инженерно-физически експерименти в дълбочинни сондажи и е съавтор

негов пръв директор от 1972 г. до пенсионирането му през 1988 г., като едновременно ръководи секцията по *Теория на ядрото и елементарните частици* през същия период. Акад. Христов е свързан с Ядрения институт не само професионално, той живее с проблемите и радостите на всички негови сътрудници. Административното ръководство на ИЯИЯЕ изисква уникални качества на ръководител и администратор, както и огромни усилия на волята.

Акад. Христов е прекрасен лектор и университетски преподавател.

на изобретение в тази област – „Метод и устройство за определяне дълбочината на прихващане на сондажен лост“. Изобретението е приложимо в геологопроучвателното и добивното сондиране, като се изучава от студентите от съответните университети и днес.

Учен с широка култура и насочен в бъдещето поглед, акад. Христов е щастлив да осъществи една своя младежка мечта – да дари България с *дворец на физическите науки*, за да може страната ни да заеме достойно място сред просветените нации. През 1977 г. „Палатата на физиката“ в Казанлък стана действителност. Срам за нашето общество и особено за академичната гилдия е, че допусна неотдавна светлината да угасне в този храм на науката. Може да се надяваме, че изграждането на Циклотронен център към ИЯИЯЕ, в който се планира да се развиват интердисциплинарни изследвания и производство на изотопи за нуждите на медицината, ще бъде достойно продължение на делото на акад. Хр. Христов.

Колко прозорлив е бил акад. Христов може да се разбере от едно негово интервю във вестник „Народна Младеж“ от 08.06.1965 г. – „Наука на мечтите“:

*„Периодът на индивидуалното творчество отстъпва място на колективния метод на работа. Създават се международни организации за специални физични изследвания като ОИЯИ – Дубна, ЦЕРН – Женева. Известно е многостранното сътрудничество между експедициите в Антарктида, започнало в Международната геофизична година. Най-перспективни изглеждат междинните области като астрофизика, геофизика, биофизика, физикохимия, математична физика.“*

### Прозрение, което времето потвърди

И накрая ще цитираме акад. Чавдар Палев [12]: „Акад. Христов беше човек с богата душевност. Той беше любим преподавател, общественик с чувство за висок граждански дълг, един от основоположниците на ядрената физика у нас и пръв директор на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика. И все пак, на първо място той беше учен-изследовател. ...Акад. Христов беше щастлив човек. Щастлив, защото беше вечно влюбен – всеотдайно и безгранично влюбен в науката. Сутринта на 20 март 1990 г., последната негова сутрин, той разпалено разказваше за една нова работа по обща теория на относителността, която в основни линии вече била написана. Нея той не успя да завърши. Остава обаче неговото огромно научно наследство, което ще продължава да се развива и да плодороди.“

### ЛИТЕРАТУРА

1. Хр. Христов, Я. Тагамлики, Върху сходимостта на интегралите с безкрайна горна интеграционна граница, Год. СУ, Физ.-мат. фак., 42. N 1, 289-310 (1946).

2. Хр. Христов, Понятието енергия в съвременната физика, Год. СУ, Прир.-мат. фак., 44, 1, 175-200 (1948).
3. Хр. Христов, О прохождении электромагнитных волн через плоско-параллельную кристаллическую пластинку, ДАН СССР, 81, N 1, 553-556 (1951).
4. Хр. Христов, О прохождении лучей Рентгена через плоско-параллельную кристаллическую пластинку кристалла, ДАН СССР, 81, N 5, 799-802 (1951).
5. Хр. Христов, О прохождении лучей света через плоско-параллельную кристаллическую пластинку, ДАН СССР, 85, N 6, 1269-1272 (1952).
6. Хр. Христов, О функции Грина кинетического уравнения нейтронов, ДАН СССР, 111, N 5, 981-984 (1956).
7. Хр. Христов, Приближенное выражение для функции Грина кинетического уравнения нейтронов, ДАН СССР, 111, N 6, 1107-1200 (1956).
8. Хр. Христов, О функции Грина кинетических уравнений лавины, ЖЭТФ, 33, 683-695 (1957).
9. Хр. Христов, О распространении лавины в многослойной среде, ЖЭТФ, 33, 683-695 (1957).
10. Хр. Христов, О корреляции в распределении лавинных частиц, ЖЭТФ, 33, 883-888 (1957).
11. Хр. Христов, Квантовая теория на группе Пуанкаре, Сообщение ОИЯИ, Дубна, P2-5513, 1-55 (1970).
12. Ч. Палев, М. Матеев и С. Теодорова, „Хр. Я. Христов“, Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 1995 г.

**Броеве на Списание СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА можете да си поръчате и на електронния магазин на сайта на списанието:**  
<http://wop.fpni.eu/bg/archive.php>

## ПРОФЕСОР ХРИСТО ХРИСТОВ (1915-1990)

Академик Христов беше (15 години) директор на Ядрения институт, беше ректор на Софийския университет, заместник председател на БАН, но за нас, неговите ученици – поколения неговии студенти – той беше професор Христов (не „другарю директор“, не „академик“). Това ставаше естествено.

Проф. Христов не се водеше по авторитети: в науката трябваше сам да разбере за какво става дума. Правеше го и в собствената си работа, и в лекциите си, и когато трябваше да оцени труд в чужда за него област. И може би затова се ползваше с авторитет сред колегите си от близки специалности. Когато като студент ме свърза с Алексей Шелудко (тогава асистент), който имаше интересна математическа задача, и аз трябваше да докладвам решението ѝ пред академик Каишев, естествено беше да присъства и проф. Христов. Неотдавна си дадох сметка, че това не е бил изолиран случай. Когато известен днес наш физикохимик (тогава студент-дипломант) докладвал пред Каишев решението на математична задача, поставена от Зелдович, отново проф. Христов е бил поканен да присъства – като гарант, че момчето знае какво приказва.

Стремежът му към изясняване на основите се отразяваше и на избора на темите и на стила на неговата научна работа. Неговата встъпителна лекция „Понятието енергия в съвременната физика“ (Год. на Соф. Унив. 1947–1948) ни кара да се замислим за логиката на нютоновите закони (какво повече дава вторият закон от определение на маса и сила?). Две години по-късно той публикува задълбочено изследване, посветено на аксиоматичното изграждане на класическата механика. Тези негови студии са написани – грижливо и с вдъхновение – на хубав български език (с обстойно резюме на френски). Моето поколение способства научните статии да се публикуват на световни езици: руски, английски, ...Необходима стъпка. Но с нея, както и с тясната специализация (също необходима), нещо се и губи. Печално е, че оттогава три поколения български теоретици и математици не познават и даже някак се стесняват да споменават работите на своите учители (или на учителите на своите учители), написани на български. Не ценим своето. Ако атиняните, които са били малцинство даже в Гърция, се бяха отнасяли по същия начин към диалозите в Платоновата академия, то и светът не би научил за тях.

Курсът по класическа електродинамика, който слушахме като студенти 4-та година, беше за мен първият запомнящ се университетски курс по физика. Започваше с индуктивно въвеждане на основните физични понятия, след което се открояваше силата на дедукцията: последователен извод на опитно откритите закони от уравненията на Максвел. Настоячивостта на проф. Христов да вниква в същината на обсъждания предмет налагаше отпечатък и на работата на ръководения от него повече от 30 годи-

ни научен семинар. Той изискваше от докладчика, като минимум, ясна постановка на задачата, дразнеше се от опити да се пуска мъгла, да се говори на едро, да се прикрива неразбиране на основите с позоваване на авторитети.

Ръководителят Христо Христов беше човек с принципи. Не съм го чувал да изтъква званията си. По време, когато всеки гледаше да ползва някаква привилегия, той пръв пристигаше сутрин в Института, съгласуваше действията си с когото трябваше, гледаше нещата да вървят. Не беше лесен на обещания, но веднъж дал дума, на него можеше да се разчита. Взел решение, той го отстояваше, не влизаше в съмнителни комбинации. Може би затова трябваше да напусне ректорския пост (а и поста подпредседател на БАН) преди да е изтекъл мандатът му.

Професор Христов не се бунтуваше срещу времето си, но той носеше в себе си две недостигащи у нас черти: човещина и чувство за справедливост. Когато Петър Райчев, любимец на студентите, бе уволнен по политически донос от Катедрата по атомна физика на Физическия факултет, професор Христов намери начин, без да вдига шум, да го приюти в Ядрения институт. Той ценеше талантите и им даваше път. Стремеше се да обединява хората, не да ги противопоставя. Подобни черти бяха и продължават да са редки. Когато се опитваме да наподобяваме някоя ярка личност – артист, професор – обикновено копираме нейни недостатъци – някой тик. Качествата на професор Христов трудно се поддават на подражание.

Иван Тодоров

Присъединете се към групата на списанието във facebook –  
<http://www.facebook.com/worldofphysics>  
 за да научавате веднага новините, свързани с физиката

## ПОЗДРАВЛЕНИЯ ЗА „СЛЕДОВНИКА НА НАРОДНИТЕ БУДИТЕЛИ”!

В бр. 1 от тази година на “Светът на физиката” поместихме кратко библиографично представяне на книгата от нашия колега и редактор в списанието проф. дфн. Никола Балабанов. Книгата се нарича “Явлението Найдено Геров” и в нея се описва животът и дейността на “**първия наш физик и лирик; лексикограф и дипломат; бележит педагог, просветител и общественик**” Найдено Геров, чието име беше популярно досега като историческа личност за българската култура през XIX век, без да се пише и говори достатъчно подробно за неговата дейност. В книгата си Никола Балабанов – бивш ректор на Пловдивския университет – представи Найдено Геров като уникално явление с многообразни приноси в образованието, науката и културата, които го определят като голям “педагог, просветител и общественик”, чието име и дейност отбелязваме днес в Деня на народните будители. Затова поредица обществени организации – от Сдружение “Мемориал на духовността” до “Камера на архитектите”, посочени в приложения документ – удостояват проф. дфн Никола Балабанов с почетното звание “Следовник на народните будители” за цялостен принос в областта на образованието и науката и за утвърждаване на гр. Пловдив като духовен център.

Няма съмнение, че високата обществена оценка, която получава проф. дфн Н. Балабанов, се основава на информация за всичко, което е направил за Пловдивския университет по време на 51-годишната си преподавателска и научна дейност. Затова М. Луцова пише в пловдивския вестник “Марица”, че “Професор Балабанов превърна физиката в поезия” и подготвя за печат нова книга със заглавие “Писма до една поетеса”. А ние, физиците, очакваме с интерес как в историята на атомната физика авторът ще вложи романтика и поезия.

Проф. дфн Людмил Вацкичев





## Проф. дфн ВЕСЕЛИН ТАСЕВ КОВАЧЕВ (1940-2015)

С дълбока скръб съобщаваме, че на 23.11.2015 г. почина бележитият български учен с международна известност проф. дфн Веселин Тасев Ковачев.

Проф. Ковачев завършва висшето си образование в Санкт-Петербургския технологически институт. Защитава кандидатска дисертация в ИФП, Москва, под ръководството на Нобеловия лауреат П. Капица. Научните му изследвания се отнасят към свръхпроводимостта, свръхпроводящи материали, нискотемпературни свойства на твърди тела и криогеника. Работил е в престижни международни научни центрове: Брукхайвнската национална лаборатория 1979-1980, Тексаската Лаборатория за Свръхпроводящ Супер Колайдер /SSCL/ (САЩ), 1990-1996 г., Националната лаборатория по физика на високите енергии /КЕК/, Япония и Националния институт по термоядрен синтез /NIFS/, Япония, 1997-2000 г. Автор е на монография, отпечатана през 1991 г. в Oxford Science Publications, Clarendon Press. Проф. Ковачев е съавтор на глави в 5 отделни книги, на повече от 150 научни публикации и 9 авторски свидетелства.

Той е бил член на редакционната колегия на международното списание „Condensed Matter and Materials Communications“, Nova Science Publisher (САЩ) и на редакционната колегия на IEEE Transactions on magnetics. Като хоноруван професор в Техническия университет, София, чете самостоятелен спецкурс по Криогеника и криогенни технологии (1984-1990 г.). Наред с българските си докторанти и специализанти, проф. Ковачев е ръководил или консултирал докторанти от Англия и Япония и е изнасял лекции в престижни университети в чужбина.

Научният път на проф. Ковачев е неизменно свързан с Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ). Тук той се хабилитира през 1977 г., а по-късно през 1985 г. защитава и докторска дисертация на тема: „Дисипативни процеси в свръхпроводящи материали“.

Голямата му научно-организационна и научно-административна дейност в ИФТТ е свързана главно с десетгодишния период (1978-1988 г.), когато той е заместник-директор на ИФТТ. Под неговото лично ръководство е доставена и пусната в действие система за втечняване на хелий, даваща възможност за първи път в България да се провеждат изследвания при хелиеви температури. По негова инициатива е създадена Лаборатория по свръхпроводимост и свръхпроводящи материали, която той ръководи от 1988 до 2003 г. Тя осъществява дейността на българската част от Международната програма по приложна свръхпроводимост на страните от СИБ, а в наши дни лабораторията участва в международния проект Euratom.

Дълги години проф. Ковачев е член на Научния съвет на ИФТТ и три мандата – негов заместник-председател, член на специализирания НС по Физика на кондензирана материя при ВАК и на НС на Международната лаборатория за силни магнитни полета и ниски температури, Вроцлав, Полша.

Като признание за неговата дейност и постижения проф. Ковачев е избран за почетен член на Индийското криогенно общество, на Международния институт по охлаждане, Франция, и на Международната академия по студа – Санкт Петербург, Русия.

Управителният съвет на БАН удостои проф. В. Ковачев с почетния знак „За заслуги към БАН“ и с почетния знак на БАН „Марин Дринов“ на лента.

Винаги ще го помним като отзивчив, прекрасен колега и приятел.

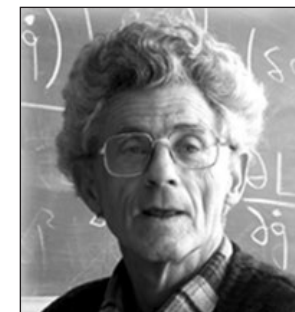
**Поклон пред светлата му памет!**

От Института по физика на твърдото тяло – БАН

## РЕЙМОН СТОРА (Raymond Stora, 1930-2015)

До последного часа  
Обращенным к звезде –  
Уходящая раса  
Спасибо тебе!  
Марина Цветаева „Отцам“ (1935)

Първото съобщение за смъртта му, което стигна до мен, беше от негов колега от LAPP (Лабораторията в Анеси по физика на частиците) от 20 юли: „Реймон е починал по обяд. Мари-Франсоаз, жена му, ми каза, че сърцето му изведнъж е спряло. Той бе запазил докрай изключително ясен и жив ум. Той остана докрай пример на щедрост и доброта.“ Ръководството на теоретичния отдел в ЦЕРН, където той идваше редовно след пенсионирането си от Анеси, също реагира искрено емоционално: „Една изключителна личност ни напусна ... физик с огромна ерудиция, ... деликатен, отзивчив ... щедър с най-ценното: своето време. Винаги готов да обсъжда физика и математика, да съветва многобройни колеги от и извън ЦЕРН. ...“



Биографията му в Интернет е неприлично кратка („a stub“) – плаче за дописване.

Започва висшето си образование в École Polytechnique, 1951-1953. (Там, 1952, 21-годишен студент, пише с 28-годишния си преподавател, Луи Мишел, първата си статия, публикувана в Comptes Rendus на Френската академия; тя изследва спектъра на енергията на мюона, получен при разпада на тежък лептон със спин  $\frac{1}{2}$ ; анализът е готов за приложение не към обсъждания по онова време „капа-мезон“, а към открития четвърт век по-късно тау-лептон.) Следват четири години в MIT – Масачузетския Институт по Технология. (Лекциите на Швингер в съседния Харвард оставят у него неизгладимо впечатление.) През 1958 защитава там докторат при Вайскопф. (В скобите по-горе е добавена информация, отсъстваща в статията за него в Wikipedia.) От 1957 до 1970 е научен сътрудник в комисариата по атомна енергия (СЕА) в Сакле. Там работи върху деполяризацията на протони в местния синхротрон с Фроасар (Marcel Froissart, родственик на Поанкаре, е сродна душа: ерудиран, аристократ в науката, с малко на брой, но запомнящи се публикации). Следва (по присъщата му иронична формулировка от собственото му CV) смес от приноси към „полезната“ физика на частиците като работата му с П. Муса по описание на ъгловото разпределение в двучастични реакции,

и към „безполезната“ физика: квантова теория на полето (КТП), включваща анализ на аналитичните свойства на амплитудите на разсейване, които следват от условието за причинност, съвместно с Брос, Епщайн, Глазер, Месиа. Следващият период, 1970-1980, през който Стора е сътрудник на Националния център по научни изследвания (CNRS) в Марсилия, е особено интересен и на него ще се спрем малко повече.

В началото на седемдесетте години се оформи това, което днес наричаме *стандартен модел на елементарните частици*. Той обединява калибровъчни теории на полето с точна и с (спонтанно) нарушена симетрия (квантовата хромодинамика, описваща силните взаимодействия на кварки и глюони, и теорията на електрослабите взаимодействия съответно). Правилата за пертурбативни пресмятания се извеждат от „интеграла по пътищата на Файнман“, който не е строго определен математически; те включват така наречените „духове“ на Фадеев-Попов и се възприемат като рецепта за смятане. В три станали знаменити работи [BRS] Стора разработва, със своите млади сътрудници Карло Беки и Ален Руе, последователен операторен формализъм, който възпроизвежда резултатите на Фадеев-Попов и на 'т Хофт (заедно с необходимите тъждества на Славнов). Авторите разкриват нова симетрия относно *нилпотентна* (по-късно наречена) „БРС трансформация“. Математичното ниво и оригиналността на работата я правят нелесна за възприемане. Минават четири години от първата публикация на БРС преди да бъде направена – от Куго и Оджима – следваща стъпка към нейното квантово-полево разбиране. Първи опит за геометрична интерпретация на теорията (основан на лекция на Стора в Каржез от 1976) прави Тиери-Миг през 1980, но едва в работата на Лориано Бонора (участник в двугодишните Варненски школи по Теория на Ли) и П. Кота-Рамузино от 1983 се стига до съвременното кохомологично разбиране на БРС трансформацията, което събужда интерес и сред математиците. Общественото признание за [BRS] би могло да бъде по-своевременно и по-внушително: Стора е избран за член-кореспондент на френската Академия на науките (не повече!) през 1994; носител е на най-високия френски орден, *Légion d'honneur* (отличие, което той приема с усмивка и не споменава в своето CV); получава медала Макс Планк, 1998. БРС са удостоени, заедно с московския теоретик Игор Тютин (който публикува през 1975 препринт по същата тема), с наградата на Дани Хайнеман по Математична физика\* за 2009. (Стора е вече с разклатено здраве и се отказва от пътуването до Съединените щати, за да я получи лично.)

През 1978 Стора постъпва на работа в Анеси, където основава и става първият директор на теоретичната лаборатория, LAPTh; оттогава той има постоянна връзка с ЦЕРН (и кабинет в отдела по теоретична физика там). Нашето познанство датира от 70-те години, но се сближихме именно през този период. Съвместната ни работа започна през зимата на 2010, когато Реймон, отворил първия том на известната монография на Хьормандер, ме убеди, че разделът за хомогенни обобщени функции е готов за използване в теорията на пренормировките – поне в случая на безмасова квантова

теория на полето. Това даваше възможност да се развие и опрости подходът на (Щюкелберг-Петерман, Боголюбов) Епщайн и Глазер към отстраняване на разходимостите в КТП в координатно пространство на базата на условието за причинна факторизация. Да се работи с Реймон беше интересно, поучително и трудно. Той не се задоволяваше с половинчати резултати, всичко трябваше да бъде изчистено и пределно ясно. (Споменавах ми за минало сътрудничество с немски колеги, завършило с тяхна работа без негово съавторство – той се отказал, а те му благодарят за участието: „целта ми беше не публикация, а (истинско) разбиране“, завърши той разказа си.) Работата ни продължи пет години. (Още от първата привлякохме и младия наш теоретик Николай Николов.) На междинни етапи имахме доклади на конференции, препринти, но не и текстове, достойни за статия в научно списание или дори за разпространение в електронния архив. Когато през петата година работата на тримата [NST] бе най-после завършена, Реймон вече мислеше за общия случай на КТП с масивни полета: тази задача не следваше просто и убедително от направеното...

През зимата на 2015 болестта не му позволяваше да идва до ЦЕРН. По телефона гласът му звучеше бодро. Посвещавах ме в проблемите на теорията на инвариантите (задача, свързана с работа на неговия колега от ЦЕРН С. Ферара от декември 2014, в която и той бе участвал). Поръчваше ми книги и статии от библиотеката на ЦЕРН... Разговорите с Реймон бяха обогатяващи. Бях завършил заключителното си слово на конференция в Анеси, посветена на неговата шестдесетгодишнина с думите: „Реймон, ти си щастлив човек!“ – като имах предвид многото известни учени, дошли да му засвидетелстват своята любов и уважение. Днес бих добавил: *Щастливи са онези, които са имали възможност да общуват близко с Реймон Стора.*

\* Дава се ежегодно от 1959 от Американското физическо дружество и Американския Институт по физика. Между лауреатите преди БРСТ са Гел-Ман, Дайсън, Боголюбов, Уайтман, Намбу, Фадеев, Хокинг, Вайнберг, 'т Хофт.

[BRS] C. Becchi, D. Rouet, R. Stora, The abelian Higgs-Kibble model: unitarity of the S-operator, *Phys. Lett.* **B52** (1974) 344-346; Renormalization of the abelian Higgs-Kibble model, *Commun. Math. Phys.* **42** (1975) 127-162; Renormalization of gauge theories, *Ann. of Phys.* **98** (1976) 287-321.

[NST] N.M. Nikolov, R. Stora, I. Todorov, Renormalization of massless Feynman amplitudes as an extension problem for associate homogeneous distributions, *Rev. Math. Phys.* **20:4** (2014) 143002.

Иван Тодоров

## ТЕАТЪРЪТ НА КВАНТИТЕ

Ален Кон, Дани Шеро и Жак Диксмие

## Част II

## Глава 8. Кухата игла

Месец по-късно ремонтните работи не са приключили, очаква се доставката на новите електромагнити, които да заменят повредените. Европейската фирма, която произвежда оригиналните, междувременно фалира, поради което работата трябва да започне отначало. Това пък позволи да се предприеме пълно радиоактивно обеззаразяване на четирите детектора, един по един. Беше ред на Атлас. Детекторът е пуст от няколко дена, сърцевината му е демонтирана. Обеззаразяването трябва да приключи към 12 ч. този понеделник. Екип от инженери трябва да слезе в шахтите, за да инспектира Атлас и прецени ситуацията.

Едва инженерите проникнали в сградата, сирените завиха гръмко. Настана всеобща суетня. Учените първо гледаха през полуотворените врати на кабинетите си, после се струпяха в коридорите. Едно смъртно притеснение ги измъчва: ще станат ли свидетели на трети инцидент?

Измина една тягостна минута и сирените утихнаха. Франческа излиза от кабинета си, пребледняла, и се присъединява към инженерния екип. Вземат решение да слязат незабавно за проверка на състоянието на електромагнитите, понеже сирените недвусмислено показваха, че те са се задействали още веднъж, не в правилния момент. Екипът от дванадесет души слиза на сто метра под земята, неволно се строят и установяват, за тяхно успокоение, че на пръв поглед няма видими щети.

За съжаление, това тяхно успокоение не трае дълго. Франческа надава вик на мъка и притеснение. Другите я последват. В сърцето на детектора лежи жена, безжизнена, като вкаменена, с отворени очи. Франческа пребледнява още повече, навежда се и надава задавен вик: жертвата е Шарлот. Леденото ѝ тяло и скованият ѝ поглед не оставят и грам съмнение за началната диагноза.

– Нищо не пипайте – заповяда Франческа – Трябва... трябва... да подам сигнал... ох!

Думите се препъваха в устата ѝ, беше неспособна да довършва изреченията си. Отправи се към кабинета си и в пристъп на отрезвяване, подходящ за директор, който осъзнава отговорностите си, Франческа нареди:

– Компютрите да бъдат пуснати отново, имате абсолютна забрана да ги спирате. Осъзнавам напълно последствията от това решение. Поемам отговорността да уведомя полицията за случая.

Скоро след това инженерите тръгват на оглед на тороидалните електромагнити, които обграждат детектора. Тяхното място заемат десетина полицаи, които обграждат

жертвата. Съдебният лекар констатира смъртта, която той ситиуира между девет и единадесет часа, посочва рана на челото (но от какво оръжие?) като причина за смъртта, но не и кървене. По заповед на Франческа тялото е консервирано с криогенни способности, а аутопсията е отложена за по-късно.

Един от инспекторите, застанал настрана от сцената на престъплението, дава знак на лейтенанта, който временно е натоварен със случая. На металната врата, разположена точно срещу сърцевината на детектора, откриват дупка с диаметър от няколко милиметра. Зад вратата полицаите реквизируют, предпазени с ръкавици, тънка игла: без съмнение инструментът на престъплението, но какъв тогава е бил сценарият?

– Какво прокълнато място – промърморва си лейтенантът.

Другите полицаи, предупредени, запазват мнението си за себе си.

През това време Франческа провежда няколко телефонни разговора с високопоставени лица. Шарлот бе нейна приятелка и един от най-добрите учени в ЦЕРН. Но дори и без тези съображения случаят е очевидно достатъчно сериозен. Събеседникът ѝ в Брюксел е на същото мнение. Множество личности са помолени да дадат съвет: всички са изумени, възмутени, дори уплашени (какви мафиоти, какви терористи се крият зад тази постъпка?). Към 15 ч. Франческа получава предупреждение, че парижкото следствие се заема със случая. Комисар Дюпар и двама негови помощници – Сербоя и Матийо, са взели самолета и пристигат в Женева, за да поемат случая. Дюпар е водил няколко разследвания в научните среди и познава лично Франческа. Преди да се запише в полицейската школа, той записва (но не завършва успешно) физика в университета. Освен това, Дюпар, Сербоя и Матийо са англофони, което е нетно предимство в тази международна среда.

Към 18 ч. тримата следователи се представят на Франческа. Два кабинета, разделени от обща врата, са им предоставени, за да водят разследването. Кабинет 103 (на временно отсъстващ учен), където ще се проведат и разпитите, и малка стая, която ще им служи за съвещания. Там Дюпар и сътрудниците му ще инсталират материалите си.

Дюпар посещава трупа, видим под стъкления похлупак на контейнера с течен хелий. Тази жена е била красива като ангел, мисли си той смутен, докато инспектира лицето ѝ. Не е много уместно, но видът ѝ му напомня за Нефертити. Лейтенантът от женевската полиция му предава разследването и му докладва последните развития. От дупката във вратата научният отдел на полицията е изчислил траекторията на иглата: тя е изстреляна от малка кухня, разположена симетрично спрямо сърцевината на детектора, а поривист импулс ѝ е придаден от мощните магнитни полета, породени от електромагнитите в хода на инцидента. Иглата е куха, може би е съдържала течност, кой знае дали не е отрова, но от нея следи не се намират.

Дюпар натоварва помощниците си със задачата да разпитат на случаен принцип няколко учени, един вид проучване на средата, и се отправя наново към кабинета на



Франческа. Настоява да му бъдат дадени незабавно подробности от биографията на жертвата.

Шарлот, родена в Сен-Жан-Д'Анжели, е на възраст 35 години. Завършва средното и после висшето си образование блестящо. Първоначално избира кариера в молекулярната биология, но по-късно, съвсем млада, защитава докторат по ядрена физика. Сключва брак на двадесет и тригодишна възраст, развежда се на тридесет. Няма деца, родителите ѝ са починали, няма близки роднини. Живее скромен живот. В професионално отношение е вдъхновен учен и е в топли отношения с колегите си. Франческа я рекрутира в ЦЕРН и двете стават приятелки.

– Но – пита Дюпар – какво е правила тя в тунела, на мястото на демонтираната сърцевина на детектора?

Франческа не вижда никакво обяснение. Само учен от ЦЕРН, или по изключение някой много добре запознат с функционирането на детектора учен, може да изработи такъв макиавелистичен капан.

– Между другото, имате ли сведения за материалното състояние на жертвата?  
– Можете да се обърнете към нотариуса ѝ, знам че тя ползваше услугите на такъв.  
– Може ли да ми дадете адреса му, моля?  
– Спомням си, веднъж се разхождахме с Шарлот по улица „Страстничета“, тя тогава ми показва една табела и каза: „Ето я кантората на нотариуса ми.“ Забравих номера, но едва ли има сто нотариуса на тази улица.

Дюпар благодари на Франческа и се оттегля. Научава името на нотариуса и си уговаря среща с него до сряда. После се обръща към швейцарските власти и установява контакт с прокурора (човек, родом от Бург-ан-Брес), натоварен със случая: всички очевидно са получили инструкции от много високо ниво да не се месят в разследването.

След уморителния следобед той се оттегля, както и помощниците му (които не са намерили и една полезна улика) в хотела, в стаите, които са им резервирани.

Към 20 ч. той трябва да се обади на съпругата си. Тя очаква обаждането му. Макар и свикнал с гледките от местопрестъпленията – а на какви ужаси се е нагледал – той изпитва, при всяко начало на разследване нуждата да чуе топлия и леко дрезгав глас на съпругата си. Първият ден е труден, човек не може да свикне с реалността, когато тя е толкова непоносима. Някои престъпления са свършени, макар и употребата на това прилагателно да е всъщност шокираща. Колкото и да е смазан, Пиер Дюпар си е забранил да говори за работата си по телефона, но нетърпеливо и с любопитство иска от жена си да му разкаже подробно за деня си. Тя, от своя страна, винаги игриво се обръща към него с думите:

– Главата ти не е в разследването, пак ме обърка с главния заподозрян, мой Пиеро. На което той отговаря:

– Но ти си моя любим заподозрян, Лелет!

Този кратък начален диалог винаги разчупва атмосфера и брачният разговор

се завърта около уводната статия в *Монд*, програмата на предстоящите концерти, последните бели на котето Барнаба или дори около времето. Това е животът и така е добре.

Тази вечер в хотелската стая на Дюпар е жега – швейцарците са така зиморничави – и това до такава степен смущава Дюпар, че на него му се прииска да говори за тази превъзходна и тайнствена жена, чийто вкаменен и вкочанен труп е инспектирал, на място, напомнящо за античен мавзолей. Тя му бе заприличала на Нефертити. Поради хубостта си? Не само. Защото е мумия? Донякъде. Няма да е лесно разследването, с всичките тези учени. Подозрителни хора са учените. Ще успее ли да им се наложи? Ако някой има нещо за криене, то той е вече на една обиколка пред него. Но и той има поле за действие. И по-високостоящите от него в йерархията са се съгласили: когато водиш разследване в научните среди, някои забрани могат да бъдат пренебрегнати. А дали вече не е нарушил някои процедурни правила?

Стреснат от звъна на телефона, той вдига слушалката.

– И така, Пиеро, тази вечер не звъниш на твоя любим заподозрян?

## Глава 9. Тъмните Индии

Дюпар и екипът му претърсват двустайния апартамент на Шарлот на алея Робер №137. Прави им впечатление библиотеката на образована жена, в която присъстват много томове по история на науката. Цяла етажерка е отделена за трудове по молекулярна биология и за основните произведения на Едуар Плесис, когото тя, както се вижда, особено цени. Някои екземпляри са ѝ посветени. В чекмеджетата се намират купища научни статии, някои по-внимателно подредени от други, доколкото компетенцията на полицаите им позволява да преценят. Няма много дрънкулки, но това не изненадва Дюпар. По време на своите разследвания на няколко пъти е бил в апартаменти на учени и те винаги са били скромно обзаведени. Често репродукции на творби на големи художници деляха стена с астрономически постери, старинни гравюри или акварели. Апартаментът на Шарлот не беше изключение от това правило и Дюпар още от вратата си даде сметка за това.

По стените на всекидневната стая стояха репродукции. Тази жена със сигурност има вкус към Куатрочентото, към Фра Анжелико и Пиеро дела Франческа в частност. И Дюпар е ценител на този период. Често е разсъждавал над това, че в картините на майстора от Сансеполкро мъжете сякаш летят, но не и жените, включително и девиците. Дали този художник имаше такова въздействие защото беше математик или защото образите му сякаш спят с отворени очи? В спалнята комисарят забелязва други две репродукции, на картина на Клее и рисунка на Фрагонар, правена за илюстрация на разказа на Лафонтен „Оправданата прислужница“.

Сербоа отнася личния компютър на Шарлот за внимателно претърсване.

– Ще отнеме време да прочетем всичко!

– Добре знаеш, че имаме добри техники, не се притеснявай за това – отговори му Дюпар.

На плота в кухнята Матийо намира изгорен лист хартия, скрит зад сокоизстисквачка. Думите не се четат, освен пощадения от огъня последен ред, на който пише: „Изгорете това писмо“. Този документ изглежда важен, но неизползваем. Наум Дюпар си казва, че все пак е странно от изгорялото писмо да остане един ред. Той все пак предава остатъците от документа на научно-техническия отдел на полицията.

– Ясно ли е, че не трябва да обелваме нито дума за това?

– *Of course, boss!*

Следователите се съвещават в малката зала. Кой би имал интерес от смъртта на Шарлот? Да се разпитат всички учени от ЦЕРН, няколкостотин на брой, е непосилна задача.

Дюпар се връща в кабинета на Франческа.

– Шарлот е водела скромнен живот. И въпреки това, не е ли имала връзка?

Неохотно Франческа отбелязва:

– Поддържаше връзка, която аз не одобрявах, с Бертрам Юнг, един канадски учен в ЦЕРН.

– Откъде това неодобрение?

– Първо, аз не се разбирам с Юнг, чието назначение ни беше наложено. Не одобрявам този подход. Той е непоследователен, прави всичко на инак на другите. А от откровенията на Шарлот подозирам, че не ѝ беше съвсем отдаден.

– Може ли да поясните какво имате предвид?

– Доколкото бях разбрала, той е изключително ревнива натура. Правеше сцени на Шарлот за най-малкото, често съвсем за нищо, като мъжете, които не могат да простят на жените си за техния интересен живот. Останала съм с впечатлението, че в тяхната история всеки държи повече на самочувствието си, отколкото на чувствата, поне що се отнася до него.

– Искате да кажете, че му липсва щедрост?

– Напълно. Беше много чувствителен към чуждото мнение, подход, който не е плодотворен на това място.

– Защо тогава Шарлот не се е разделила с него?

– Трябва да е намирала нещо.

– Тя много ли ви споделяше? Беше ли ви близка приятелка?

– Може да се каже. По отношение на Юнг не бих искала да си помислите...

– Не си мисля нищо, госпожо, много е рано за това. Само се осведомявам.

Франческа даде на Дюпар списъка с учените, които са били в някакви отношения с Шарлот. На първо място, разбира се, бяха членовете на екипа ѝ. После Франческа описа функциите на Томачандраам и даде списък на постдоците му.

В ранния следобед Дюпар разпита в кабинет 103 Сервантес, Пичи и Ганди.

Изглежда връзката на Шарлот с Юнг въобще не е била тайна и е любима тема на пиперливите езици. Защо ли? Ами защото Шарлот не се притесняваше да му изневерява.

– Не разбирам. Тя е толкова самодисциплинирана, според това, което научих?

– Самодисциплинирана в работата, не и в любовния си живот. Тя живееше с много илюзии за хората, най-вече за мъжете.

– В такъв случай Юнг би трябвало да е ревнувал?

Тримата учени, видимо притеснени, мълкват.

– Защо тази неохота? – извиква Дюпар. Не забравяйте, че става дума за убийство!

– Сервантес и Пичи разказват един през друг за скандала между двамата любовници, на който те слухово са присъствали. Дюпар води записки.

Пристигат резултатите от лабораторните анализи в полицията. От изгорялото писмо не е било разчетено нищо освен една дума: Хигс. Дюпар пита учените дали тази дума им говори нещо.

– О, да! – отговаря Сервантес през смях.

После надълго и нашироко обяснява за теоретичното откритие и после за експерименталното потвърждение на съществуването на бозона на Хигс.

– Но как е възможно да се обсъжда толкова много въпросът на теория, преди да е направено каквото и да е наблюдение?

– Дълга история, господин комисар. Истината е, че много малко хора са наясно с това. Трябва да сте проследили цялата история, която е доста дълга, и ще разберете. Без Хигс не само че частиците няма да имат маса, ами ще загубят и свойството, наречено унитарност, което отговаря за това всички величини, които представляват вероятности, да запазват стойността на тази вероятност в границите между 0 и 1.

– Не може да ви се отрече, че сте прецизен, но... – отговаря комисарят, без да довърши изречението си. И се обръща към Сервантес:

– Каква е връзката между Шарлот и Хигс? Позволявам си да я наричам по малко име, защото тук всеки така прави. Тя участвала ли е в експеримента с откриването на бозона на Хигс?

– Въобще не, но последствията от него са в центъра на научните ѝ интереси. В момента разследваме друг бозон, много по-тежък от бозона на Хигс, който фамилиарно наричаме Големият Бронзон.

На Дюпар прави впечатление употребата на думата „разследваме“ вместо „изследваме“, човек би казал речник на следовател. Може би Сервантес говори така по мимикрия? Дюпар продължава:

– Защо „бронзон“, а не „бозон“?

– Шегата с Големия брат. Понеже, ако съществува, Големият Бронзон в известен смисъл би контролирал всички други бозони.

– Да ги контролира? В какъв смисъл?

– Не мога да ви обясня.  
 – Този отговор започва да ме дразни. Имам, нали знаете, мозък с нормални размери.  
 – Ако сте готов да изслушате с непрестанно внимание курс от два или три хиляди часа, бих могъл да скицирам обяснение – репликира го Сервантес с ирония в гласа.

Дюпар преглътна самочувствието си, не беше в състояние да спори с физиците в тяхната област. С ръце във въздуха, като че се предава, Дюпар се връща малко назад:

- Когато казвате „ние разследваме“, кого имате предвид?
- Учените, които сме пред очите ви, както и екипа на професор Том.
- Професорът и Шарлот бяха ли в конкуренция на тази тема?
- Донякъде – отговори Сервантес след кратко колебание.
- Откриването на такъв Голям Бронз би ли било научно значимо?
- Зна-чи-мо?... Та то би донесло Нобелова награда на автора си!

Сервантес се въздържа да говори за другите последствия от откриването на Големия Бронз, много по-значими от получаването на Нобелова награда.

- Но тогава Том би бил заинтересован от смъртта на Шарлот ?
- По-спокойно, г-н комисар. Том може понякога да е прекалено самонадеян, но той се води преди всичко от своята религия и уважава живота преди всичко. Не виждам как той би убил когото и да е.

На какво ли не е способен човек, за да получи Нобелова награда, помисли си наум Дюпар. Той отпрати свидетелите и помоли Раней да го изчака в коридора.

Изглежда учен не може да откаже Нобелова награда. В литературата има един известен контрапример. Дюпар се връща в спомените си от младостта, когато „разхлопания в главата“ разтърсва света, като отказва престижната награда. Би трябвало архивите да пазят следа от този драматичен епизод, разсъждава Дюпар.

Като става въпрос за архиви, Дюпар се връща в мислите си към 1984, издаден през 1949 г. научно-фантастичен за запада, но реалистичен за изтока роман. Миналото в изображения там свят е фалшифицирано, историята е пренаписвана всеки път, когато това устройва управляващите. Специални функционери са натоварени с тази непрекъсната работа. Тези прийоми докарват до погнуса читателя, който е като потопен в плаващи пясъци, които сякаш поглъщат всичките му отправни точки. Каква опора да намери човек, ако миналото му непрекъснато се изменя, ако то му е непрекъснато отнемано, едва повярвал, че може да намери опора в него?

Дюпон си спомня подробно това интервю на Жан-Пол Сартр пред Жак Шансел: Ж.-П. Сартр: Да, Нобеловата награда, например, е едно присвояване. Няма да се оставя да бъде присвоен, не и докато съм жив. След това няма значение.

Ж. Шансел: Тази идея за присвояване никога не е съществувала. Вие преиначавате зле нещата.

Ж.-П. Сартр: Напротив, и тя е много важна. Един от моите приятели, Телигер,

югославянин, нарича това „целувката на смъртта“. Жест, чийто субект стават почти всички, които пишат срещу господстващите класи. Той се изразява в почести, пари, има и по-елегантни методи..., много хора са присвоени по този начин.

Интервюто е дадено за *Радиоскопи* през 1979 г., девет години след като на Сартр е присъдена Нобеловата награда, момент, който остава отпечатан в паметта на Дюпар.

Преди да започне с разпита на младата индийка, Дюпар отделя време да разсъди и подреди мислите си. За полицаия има двама заподозрени: Юнг и Том. Налага се да провери техните алибити в момента на престъплението. Дюпар дава на Сербоя и Матийо задачата да проучат Сервантес, Пичи и другите. Предвид космополитния характер на екипа, те ще трябва да проучат полицейските файлове на Франция, Испания, Италия, Индия, Швеция, Румъния и Канада. А това ще отнеме време!

Дюпар прави знак на Раней, посочва ѝ да влезе в бюро 103. Тя се подчинява, видимо смутена.

Раней произхожда от Мадрас. Малка на ръст, облечена в шалвар камизи с тюркоазен цвят. Макар и да е в Европа от три години, тя няма желание да се облича като другите студенти. Убедена е, че традиционният ѝ костюм от южна Индия подчертава по-добре естествената ѝ елегантност, отколкото модерните дрехи на колегите ѝ. Почитта, която отдава на традицията, обяснява и впечатляващата ѝ колекция от шалвари. Има ритуали, които тя неизменно спазва, и за всеки от тях трябва адекватната дреха.

Дюпар ѝ предлага да седне. Тя сяда на ръба на стола, с изправено тяло и леко приведена глава, както ѝ налага индийската традиция.

– Госпожице, в предния ни разговор забелязах, че сте изключително съдържана.

Под притеснителността на Раней Дюпар всъщност забеляза друга черта от характера ѝ, която сега се надява да обозре. Но Раней е много интелигентна и той ще трябва да положи повече усилия от обикновено. Но Дюпар обича предизвикателствата. И професията му дава такива всяка седмица – какъв късмет!

– Това, което ме впечатлява във вашето отношение, госпожице, е на първо място изключителната резервираност, която е знак за фин характер. Виждам и превъзходно възпитание, и внимателност към другите. Как бихме искали всички студенти да се отнасят така с ръководителите си!

Дюпар изпитва с поглед Раней. Любезна усмивка, поглед, очакващ въпроса. Той може би я похвали повече от необходимото. Докато продължава да разглежда внимателно костюма на младата жена, Дюпар продължава:

– Със сигурност сте била отлична ученичка. Как сте се решила да се впуснете не в друго, а в научни изследвания по ядрена физика?

– Нуждата да разберам нещата.

– Предполагам, като много от вашите сънародници вие сте силно свързана с вашата страна, а и донякъде с традициите. Сигурно не е лесно да съчетавате вашите научни изследвания и вашите ценности.



– Към настоящия момент не срещам съществени трудности. Достатъчно е да не се преминават позволените граници.

– Да, историята на света е едно непрекъснато започване, огромен цикъл, движен от боговете и...

– В какво се състоят тези граници, за които намеквате?

– Така, един учен не трябва да си позволява да се меси в развитието на цикъла.

– Което вашият екип прави?

– Правеше, досега.

– Искате да кажете, неотдавна границите са били преминати?

– Така мисля.

– И кога точно се случи ...това произшествие?

– Неотдавна госпожа Дампиер ни говори за нейните проекти. Научната гордост започна да я заслепява.

– Вие не бяхте съгласна с нейните проекти?

– Никак даже! Тя се канеше, ако добре съм разбрала, да се намеси в развитието на цикъла, движен от боговете. Да наруши хода на времето. Да, хода на времето! Това е против волята на боговете.

Силно смутен, комисарят застана онемял. Раней, разпалена, се впусна в обяснения с възмутен глас:

– Да, тук, в ЦЕРН, хората стават прекалено учени, прекалено силни, прекалено горделиви!

Тя е силно смутена, почти разтреперана. Дюпар е също толкова смутен, има впечатление, че в кабинета е прекалено горещо.

– Благодаря ви, госпожице, за това искрено свидетелство!

Той отпрати Раней, а в главата му се загнезди мисълта, че е възможно да има трети заподозрян, този път мотивиран от религиозен фанатизъм. Това би било върховен парадокс тук, в ЦЕРН.

## Глава 10. Дванадесетте милиона на абат Гом

Дюпар бе забравил своя GPS навигатор. И така се загуби, преди да намери затътената и криволичеща улица „Страстничета“, в слабонаселен квартал с едно-типни сгради. Интуицията му на разследващ му говореше, че зад безличните стени, официално служебни сгради, трябва да се крият не една или две тайни зависимости между големи банки, чиито фронтони се намират в шикозния градски център. Преди много дни Шарлот със сигурност е била на разходка в това спокойно място, обикаляла е в тягостния парк и в изоставеното игрище за баскетбол, докато умът ѝ е бил зает с нейните физически проблеми. Почти изгубена, тя е намерила улицата на нотариуса.

Дюпар, който имаше силно въображение за редови полицаи, не си представяше

тя да е намерила нотариус във вестника или през Гугъл. Трябвало ѝ е да направи тази оздравителна разходка и да види тази малка табела „Попино, нотариус“, за да се реши да сложи ред в делата си. Дюпар си дава сметка, че тази жертва му става все по-интересна.

След недълго чакане – всичко е умерено с нотариусите – в една мрачна и гореща стая, където, за да убие времето, трябва да се задоволи със списания като *Нотариална юридическа седмица*, *Практически актове* и *имуществени стратегии*, *Duralex sed Lex* и подобни, към 10 ч. Дюпар е въведен, от преждевременно прегърбен чиновник, в кабинета на нотариуса Попино.

Нотариусът е премерен човек, много премерен, който отделя няколко минути за представянията и други баналности. Макар и да е французин, той е прихванал от швейцарския акцент, и въведението в разговора придобива импозантни измерения. Той преглежда внимателно документите на поличая, отделя специално внимание на снимката, въздържа се от няколко коментара и в крайна сметка заявява, че е готов да даде обяснения за имуществото на Шарлот.

– Имущество с впечатляващ размер. Впе-чат-ля-ващ!

– Трудно ми е да повярвам...

– Ще се наложи..., необходимо ви е да знаете, че далечен братовчед на госпожа Дампиер, Албер Гом, емигрира в Квебек към средата на XX век. Прави състояние със съмнителни методи..., всъщност съмнения няма. Разкъсван от угризения, решава да стане абат.

– Абатът Гом – промърморва Дюпар.

– Но не пропилява богатството си. Предусеща края и решава да завещае всичко на братовчедка си Шарлот.

Нотариусът Попино прави пауза, за да се наслади на признаците на изненада в жестовете на комисаря.

– От това, което разбирам, епископията му е оказвала силен натиск. Общността на свещениците от диоцеза на Кот де ла Фабрик в Квебек-град са му предложили да поставят плоча на негово име на стената на неговата семинария и да му улеснят достъпа до неговия личен параклис, стига да им завещае състоянието си! Наясно сте, господин комисар, че няма кадри за някои професии. В Квебек, като на много други места, семинариите и църковните сгради се рушат. Духовният дом изпитва финансови затруднения, криза е.

– И на колко се равнява това завещание?

– Свещениците от диоцеза биват силно разочаровани, когато научават, че *de cuius* е направил завещание в полза на братовчедка си. Свещениците са се надявали известно време, че той ще направи ново и саморъчно завещание в полза на абатството. Но в полите на абата свещениците не открили нищо и разочарованието им било съразмерно единствено с надеждите им.

- И на колко възлиза това завещание? – настоява Дюпар.
- Внимание! Има съществени данъци върху наследството...

Като всички нотариуси, Попино има навика да усложнява простите неща. След няколко минути Дюпар, нетърпелив, го прекъсва:

- Колко?
- Нотариусът, притиснат, се примирява да отговори:
- Накратко, повече от дванадесет милиона евро.

Дюпар е потресен. Премисля известно време, след което задава неизменния въпрос:

- И за кого ще отидат сега тези пари? Шарлот Дампиер няма близки роднини.
- Преди две години тя направи своето саморъчно завещание. Тя обясни своята привързаност към ЦЕРН и завеща всичко на тази институция.

Нов силен удар за Дюпар. Оттегля се, но мислите му бушуват в главата. Но при това положение...

Той се връща в ЦЕРН, обядва в кафенето, после проверява с помощниците си алибитата на десетина заподозрени. Това го вкарва в лошо настроение. Юнг е тичал навън, но не е срещнал никой познат. Том е бил на посещение в болницата при Луческу, който е бил с депресия. Медицинската сестра си спомня за него, посрещнала го е хладно, понеже визитите сутрин не са позволени в тази болница. Това обаче дава алиби на Том едва до 10:30 ч. Двама или трима учени дават солидни и проверими алибита (включително Луческу).

Дюпар не може да не продължи. Силно смутен, към 17 ч. той се отправя на нова среща с Франческа, трета подред. Първоначално говори с нея за стари случки. После продължава:

- Ето ви, днес заемате отговорна длъжност.
- Да, и никак не ми е лесно, без дори да намесваме престъплението. Предшественикът ми жонглираше като акробат с бюджета и ме остави в трудна ситуация, сега трябва да вкарам нещата в ред.

Дюпар се впуска несръчно в тази улика.

- Като споменавате финанси, срещнах се с нотариуса на Шарлот.

И той описва срещата си с нотариуса Попино. Франческа без колебание потвърждава, че е била наясно със завещанието на Шарлот.

- От това, което ми казвате, това завещание е във ваша полза.
- Да не искате да кажете, отговаря Франческа пребледняла, че съм убила Шарлот, за да се справя с бюджета си?

Комисарят, смутен, се нервират:

- Прощавайте, но Юнг ми каза, че сте фанатик на тема ЦЕРН (тук той блъфира) и нямам право да пренебрегвам и най-малката следа.

Франческа хладно му прави знак, че разговорът е приключил. Тя има събрание на управителния съвет. Дюпар дори не посмява да я попита за нейното алиби. Излиза

от бюрото, недоволен от себе си, от собствената си слабост. Успокоява се с мисълта, че вероятно е възможно тези електромагнити да бъдат командвани от кое да е място в ЦЕРН и че това търсене на алиби е вероятно напълно безсмислено.

След всичко това той се връща в хотела си, а размишленията му са върху позата на Шарлот в детектора. Време е, крайно време, да хвърли един поглед на айфона.

## Глава 11. Забраната

В тази четвъртъчна сутрин в главата на Дюпар сякаш всичко бе мъгла, мъгла се беше спуснала и над Женева, една от тези мъгли, които метеоролозите наричат „радиационна“. Контурите на сградите създаваха впечатлението, че мъглата ще се разсее, но бавно, същото впечатление оставяха и профилите на стъблата на чинарите, чиито образи бяха замъглени, всички неравности бяха размити.

Дюпар си даваше сметка, че всички разпити, колкото и да бяха наложителни, се оказаха безсмислени. Той е наясно с каква изкусност един престъпник, най-вече ако е имал възможността да посещава салоните на Ке д'Орсе или големите школи по реторика, е способен да заблуди полицията. Нищо по-добро за тази цел от една сръчно извъртяна фраза, неискрено скромна, от една уместна метафора, и най-добрият разследващ бива насочен към грешна следа. В ЦЕРН той си има работа с учени, а не с дипломати, но кой може да е сигурен...

Дюпар ще трябва да види и какво ще му кажат технологиите. Сербоа му беше предал айфона на Шарлот, намерен в раницата ѝ. Като следваща стъпка за Дюпар се очертава да проучи имейлите на Шарлот. Без особени затруднения той отключва екрана, като използва рождената дата на жертвата. С паролата за електронната поща обаче не успява да се справи така лесно и ще трябва да се обърне към експерт по електронна сигурност, който да преодолее защитите. За момента оглед на приложенията, които използва Шарлот, може да му донесе немалко информация. Без изненада за смартфон на учен, той открива Skype, Kindle, Wolfram Alpha, Google Earth. Информациите, придобити от пръв поглед, са без особена важност, но това е едва първа стъпка. Сивите му клетки се активизират, той усеща, че тази следа може да му донесе нова информация, а и упоритостта винаги е възнаградена, повтаря си той.

Сред настройките на айфона Дюпар с изненада открива приложение за локализация..., първо откритие, но може и още. Това приложение работи дори когато екранът е заключен и може да локализира собственика на телефона с точност до 1 m на карта като Google Maps. Второ важно откритие. Дюпар се надява тази следа да му донесе още информация, убеден е, че е на прав път. В крайна сметка най-важното нещо в едно разследване е да се намерят елементи, които си противоречат, които не изглеждат логически издържани. Така това приложение е локализирано Шарлот във всеки един момент, но от друга страна Шарлот яростно е защитавала свободата си и личната си неприкосновеност. Как е могла да приеме да бъде следена във всеки един момент?

Точно в този момент, в който комисарят започва да си задава правилните въпроси, Юнг влиза на разпита, на който е призован.

След обичайните проверки Дюпар насочва разговора към ревнивостта на Юнг, за което той лесно си признава.

– Обичах я повече, отколкото тя ме обичаше. Всички тук малко ми се подиграваха на тази тема, по-скоро ме закачаха, освен госпожа Рока, която така и не ме прие.

– Несъвместимост на характерите?

– Несъмнено.

– Вие, който виждахте Шарлот често и насаме, не видяхте ли някаква промяна в отношението ѝ в последно време?

– Съвсем в последно време не, но нещо подобно се случи след завръщането ѝ от Венеция, преди около шест месеца, да. Мислех, че ще се върне отпусната и отпочинала, а вместо това, тя беше стресирана и понякога направо отвееяна.

– По-конкретно?

– Трябва да ви разкажа две случки. Колебаех се дали сам не трябва да дойда да поговорим. Но знаех, че имате предразсъдък към мен, че ми е създаден образ на лош тип.

– Ако ми позволите, мисля, че съм способен да отделя безпристрастната оценка от злословие. Какво имате да ми кажете?

Юнг започна да разказва на комисаря за вечерта при Шарлот, след завръщането ѝ от Венеция, за странното обаждаване в 01,15 ч. и най-вече за заплашителното съобщение, което Шарлот чува в музея във Венеция, точно в момента, в който тя се намира в една от залите, в която е изложена творба от девет плащеници. Комисарят си води множество бележки, изразът му е строг и концентриран. Юнг продължава:

– Шарлот беше много засегната, тя, която претендираше да запазва хладнокръвие във всяка ситуация, но така и не пожела да се оплаче в полицията, като че ли се опасяваше да не пострада... Тя така и не говори отново за това и ние се опитахме да забравим тези две случки. Тя сякаш беше успяла. Или поне си даваше вид. Усещах, че полага неимоверни усилия, за да се самоконтролира във всякакви ситуации и така беше придобила впечатляваща способност за самоконтрол. Може би е ходела на йога, знам ли. В научен план тя бе все по-запалена по работата си и беше успяла да въвлече Франческа в своята област. Те често се затваряха в директорския кабинет и със сигурност не за намаленията по бутиците са си говорили!

Дюпар слуша свидетеля и разсъждава едновременно. Тази история с шпионския разговор го интригува повече от всичко друго. Няма по-лесен начин да бъде следен човек от това координатите му да се афишират на карта като Google Maps. За да бъде сплашена, е необходимо да бъде пуснато съобщение на мобилното устройство в момента, в който приложението за локализация показва, че тя е в залата с плащениците в музея. Изключено е Шарлот да е инсталирала сама приложението за следене. Но кой би искал да я сплаши?

– Не е ли странно, че последните шест месеца няма други подобни случки?

– Напротив, имаше едно писмо, изпратено до всички учени в ЦЕРН, в което беше описана по доста нелицеприятен начин. Тя може би е говорила за това с Франческа, не знам, но с мен не е. Те двете ставаха все по-близки.

– Да се върнем на връзката ви с Шарлот, не искам да ви досаждам, но разберете ме, разследването трябва да изясни някои въпроси. Колегите ви са били свидетели, не са ви видели, но са ви чули, на гръмка сцена на ревност, и по-конкретно са ви чули да казвате „Бог Хьод е по-хитър, отколкото си мислиш!“ Това ваши думи ли са?

Юнг пребледнява, но си признава.

– Да, не бях на себе си и исках да сплаша Шарлот, да си отмъстя за нейната изневяра. Трябва да знаете, че...

– Да, знам. Но Хьод е сляп и зъл бог от скандинавската митология, нали така? Трудно ми е да повярвам, че сте говорил за този бог. Той едва ли има много поклонници в ЦЕРН. Но пък в един от конкурентните ви екипи работи ваш колега – швед с фигура на военен? -пита реторично Дюпар.

– Да, така е, и понякога се срещаме.

– И защо избрахте него, ако мога да си позволя това сравнение, да го използвате като плашило? Заради винаги черните му дрехи, небръснатия вид или защото винаги размахва ръцете си, за да даде импулс на думите си?

Юнг се усмихна, малко по-спокоен.

– Когато Шарлот ми сподели своите притеснения, започнах да наблюдавам по-внимателно жестовете и поведението на хората от антуража ѝ. Сякаш се усмихвате?

– Продължавайте!

– Да, като всички ревнивци, имам много набито око. Двама души се интересуваха много отблизко от моята любовница, но не и от красотата ѝ. Сервантес и Хьод. Човек би казал, че някой им е поставил задачата да я следят. Сервантес например искаше винаги да знае върху какво работи тя през уикенда. Отношението на Хьод беше съвсем различно. Член на конкурентния екип, той имаше много по-малко възможности да се вижда с Шарлот, но винаги успяваше да я притисне в някой ъгъл – или до кафемашина, или в някоя стая с компютри. Шарлот винаги се чувстваше в не много удобна ситуация, това я дразнеше. На няколко пъти трябваше да разкарвам тази лепка. Един ден се наложи да го проследя до тоалетната, за да взема от него айфона на Шарлот, който той беше взел уж за да се обади по спешност. Поведението на Хьод, мрачният му поглед не ми помагаша да си променя отношението към него. Но в антипатията ми към него има нещо повече от ревност. Линус Хьод е много самоуверен, прекалено самоуверен за учен. Самокритиката сякаш не е сред ценностите му. Чудя се защо професор Том го е рекрутирал. Човек дори на стоп не би го взел.

– Без съмнение той е много хитър.

– Том обича да е обграден с хора, които му приличат. Студени и сковани.



- Знаете ли дали Хьод е бил вегетарианец?
- Не, доколкото ми е известно.
- Добре, да се върнем на един друг въпрос. Сигурен ли сте, че нищо не се е променило в поведението на Шарлот в последно време?
- Да..., но все пак след моята криза тя ми забрани да я посещавам – каза Юнг жалостно.

Комисарят освободи Юнг. Тъкмо решава, че може да направи равностойка с подчинените си, когато Сервантес влиза в кабинет 103.

- Трябва да ви кажа нещо, комисарю. Приемате ли да пием по едно?
- На ваше разположение съм.

Двамата мъже отиват към празната от хора кафетерия, вземат питиета и сядат на отдалечена маса. Сервантес изкарва някакви документи от сакото си и ги дава на комисаря. Дюпар вече гледа на него с нови очи.

– Да, казва Сервантес, Комисията в Брюксел е, както сам знаете, огромен орган със сложността на малка държава. И като всяка държава, разполага с тайни служби. Не съм само учен, но и агент на една от тези служби. ЦЕРН е много скъпа инвестиция и Комисията има нужда от контрол, който да ѝ докладва независимо от дирекцията. След убийството на Шарлот ми е поставена задачата да установя контакт с вас.

Дюпар накланя глава в очакване на продължението.

– Преди месец Шарлот събра екипа си. Тя ни направи едно полунаучно, полуфилософско експозе, което немалко ме смути. Изключителна физичка, тя и този път успя да ни зашемети с идеите си, обещаващи и оригинални. Но основната част, главните идеи... не знам как да ги определя. При всички положения, ако тя ги публикува, в този им вид, те ще предизвикат в научната общност почти единодушен скептицизъм. Скептицизъм или, по-зле, насмешка. А това е нещо, което трябва да избегнем при всички случаи.

- Искате да кажете, че идеите ѝ са били утопични, на границите на научното?
- Мисля, че идеите ѝ имаха истинска научна основа, но като всяко революционно откритие те бяха лесна мишена за окарикатуряване, възможност, от която журналистите щяха да се възползват без никакви задръжки. Само Шарлот се налагаше над тях достатъчно, за да избегне подобно нещо.

– И какви бяха тези толкова неортодоксални идеи на Шарлот, какво произтичаше от тях?

– Чисто и просто, поставяне под съмнение на стабилността на миналото, нищо повече!

– Ако наистина е така, разбирам повода за вашето притеснение, но бих искал да знам повече. В крайна сметка нашата цивилизация, нашата логика, нашата история, нашата археология се основават на факта, че съществува едно минало, което е фиксирано веднъж завинаги.

– Не успях да разбера напълно обясненията на Шарлот, освен аргумента, че квантовата физика подлага всичко това под съмнение.

– Значи аз съвсем няма как да разбера, но и никак не разбирам как бихме могли да свикнем с минало, което би довело до противоречия с настоящето. Каузалността забранява това.

– Да, човешкият ум работи така, че се опитва да конструира правдоподобна версия за миналото. Но квантовата механика ни учи, например в мисловните експерименти на Уилър, с неговата „квантова гума“, че това виждане е просто приближение на реалността. Макар и вярно в макроскопичния свят, нещата се случват по различен начин в квантовия.

- Понеже, ако следя мисълта ви, квантовият свят е микроскопичният?
- Да, но Шарлот точно беше убедена, че е намерила начин да усилва микроскопичните ефекти, за да ги превърне в макроскопични.
- Сигурен съм, че едва ли е била първата, на която е хрумнала подобна идея. С какво ново средство разполагаше тя?
- Информацията е конфиденциална, но не съм сигурен, че да я научите би ви помогнало.

- Все пак ще съм ви благодарен!
- Големият брезон, нейният текущ научен интерес, вече си говорихме за това!
- Сега разбирам по-добре, но все пак това ме плаши.
- Разбирате ме, господин комисар. Аз, естествено, не съм намесен в престъплението. Но тъй като Шарлот вече не е между живите, трябва да накараме Пичи и Ганди да млъкнат. Мисля, надявам се, тя не е говорила на никого друго за проекта си.

– Ще говоря с Ганди и не се съмнявам, че няма да имаме проблеми с нея. Вие се заемете с Пичи и го убедете, без да разкривате статута си...

Сервантес се оттегля. В крайна сметка, въздъхва Дюпар, ще трябва да се занимавам с това да крия от обществеността научни истини. Има значи случаи, в които разпространението на науката трябва да бъде ограничено..., но това е против убежденията ми, не предполагах, че ще стигна дотук.

Превод от френски: **Петър Тодоров**

[1] Предградие на Париж, бел. прев.

[2] Кея Конти е адресът на Френския институт, част от който е и Френската академия на науките, бел. прев.

[3] Жорж Брасенс, известен френски певецбард от втората половина на XX. век, бел. прев.

[4] На френски език, анаграмата е точна. Le boson scalaire de Higgs → L'horloge des anges icibas

[5] Ереб, в древногръцката митология, е олицетворение на Мрака. Син на Хаоса и брат

на Никта (Ношта). Мрак е пространството между Земята и Ада, в което душите изкупват греховете си. Бел. прев.

[6] Превод Александър Шурбанов

[7] От „Теогония“ на Хезиод, превод Станка Недялкова. Бел. Прев.

[8] Ibid.

[9] Превод на Александър Шурбанов.

[10] Карло Илверо е анаграма на Карло Ровели, който предлага, заедно с Ален Кон, хипотезата за „термично време“ и термичен произход на стрелата на времето. Идеята за реликтов излъчване, което да нарушава инвариантността на Лоренц, е противоречива. Бел. прев.

[11] Хьод е сляп бог от скандинавската митология. Измамен от Локи, той убива брат си Балдер със стрела от имел. Бел. авт.

[12] „Разхлопания в главата“, от френски, l'agité du bocal, е пейоративно прозвище, дадено на Сартр от Селин. Изразът се появява като заглавие на язвителен памфлет, написан от Селин в отговор на „Портрет на един антисемит“ на Сартр. Бел. прев.

[13] De cūjus (лат.) – завещател. Бел. авт.

*Молим за извинение!*

*Уважаеми читатели, поради технически причини нашата рубрика „Четиво с продължение“ няма възможност да продължи с откъси от книгата „Театърът на квантите“ на френските автори Ален Кон, Дани Шеро и Жак Диксмие. Очаквайте следващите ни заглавия!*

## ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

Изпращането на статиите до редакцията става на адрес: [worldofphysics@abv.bg](mailto:worldofphysics@abv.bg) с прикачени файлове. Получаването на файловете се потвърждава с обратен и-мейл. При условие че 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 неизбежни корекции статиите, които по преценка на представящия редактор или 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 (респективно снимки, фигури).

За текста и таблиците може да се използва Word или Writer.

1. Текстът да няма специално оформление (освен болдове, курсиви и главни букви):

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

– да няма табулации за нов ред;

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

– изобщо да не се използват интервалите като средство за някакво оформление.

2. Задължително целият текст да е **редактиран и веднъж коригиран** с нанесени корекции във файла (което означава внимателно прочетен, в резултат на което да няма печатни и правописни грешки).

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

4. **Фигурите** да са на отделен файл с отбелязано място в самия файл за местоположението им. Ако са сваляни от интернет, да бъдат с голям размер. Снимките и фигурите да са в Grayscale, резолюцията им да е поне 250 пиксела.

5. **За отстъп** при нов ред да се използва First line Indent, а не табулация. Отстъпът да е 1 см.

6. **Заглавието** на статията да е преведено на английски.

7. Материалът да е придружен с **информация за автора** (на отделен файл) – име, длъжност, месторабота, академично звание, научна степен, контакти.

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

Издаването на настоящия брой на списанието  
е с финансовата подкрепа  
на Европейското физическо дружество.



### *Нашите автори:*

**Александър Ганчев** – доц. д-р, ИЯИЯЕ БАН и Американски университет в Благоевград;  
**Бойко Вачев** – доц. д-р, ИЯИЯЕ БАН и Ръководител на Бюро ЦЕРН към БАН  
**Гарет Кук** – журналист в списание „Ню Йорк Таймс Магазин“;  
**Милен Замфиров** – гл. ас. д-р, СУ „Св. Климент Охридски“;  
**Гинка Екснер** – гл. ас. д-р Физически факултет, ПУ „Паисий Хилендарски“;  
**Василка Пенчева** – доц. д-р, Институт по електроника БАН;  
**Димитър Тонев** – доц. д-р, Директор на ИЯИЯЕ БАН;  
**Нели Стоилова** – доц. д-р, ИЯИЯЕ БАН;  
**Иван Тодоров** – академик, ИЯИЯЕ БАН;  
**Ален Кон** – проф. във Френския колеж, Париж, в Института за висши научни изследвания,  
Бюр-Сюр-Ивет, в Щатския университет на Охайо, САЩ, и Университета Вандербилд, САЩ;  
**Дани Шеро** – филолог, съпруга на Ален Кон;  
**Жак Диксмие** – проф. университета на Париж;  
**Тодорка Л. Димитрова** – доц. д-р, ПУ „Паисий Хилендарски“;  
**Олег Йорданов** – доц. д-р, Институт по електроника БАН.

*Уважаеми читатели, в кн. 1/2015 г. сме пропуснали да посочим  
името на преводача на статията „Квантови черни дупки“, стр. 18.  
Преводът от английски е на проф. дфн Светлана Пачева,  
Институт по ядрени изследвания и ядрена енергетика, БАН.*

## СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 2’2015 СЪДЪРЖАНИЕ

### РЕДАКЦИОННО

#### НАУКАТА

– А. Ганчев – Ценова дифузия

#### НАУКА И ОБЩЕСТВО

– Проект ИНЕРА, лабораторна апаратура,  
експериментални и технологически възможности.  
Система за атомно послойно отлагане и система за  
плазмено-стимулирано химическо отлагане от газова фаза  
– Бойко Вачев – „Томсън Ройтерс“ връчи награда  
на ИЯИЯЕ при БАН  
– Проект ИНЕРА, лабораторна апаратура,  
експериментални и технологически възможности.  
Фемтосекундна лазерна система, автоматичен  
спектрален елипсометър.

#### ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

– Гарет Кук – Особеният ум на Тери Тао

#### ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

– М. Замфиров, Л. Джалев – Има ли демографска криза  
при българските учители? Резултати от едно изследване  
– Г. Екснер – Международен турнир на младите  
физици – школа за отличници или отлична методика  
за преподаване на физика?

#### КНИГОПИС

– В. Пенчева – „Физика на живата материя“  
от акад. А. Петров

#### СЪЮЗЕН ЖИВОТ

– Акад. Александър Петров – Президент  
на Балканския физически съюз  
– Тодорка Л. Димитрова – Международният ден на  
медицинския физик се превръща в традиция

#### PERSONALIA

– Н. Стоилова, Д. Тонев – Акад. Христо Я. Христов –  
виден физик-теоретик, учител и организатор на науката  
– И. Тодоров – Професор Христо Христов (1915-1990)  
– Л. Вацкичев – Поздравления за „следовника на  
народните будители“

#### IN MEMORIAM

– проф. дфн Веселин Тасев Ковачев (1940-2015)  
– Иван Тодоров – Реймон Стора

#### ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

– Ален Кон, Дани Шеро и Жак Диксмие – „Театърът на  
квантите“, част II

## THE WORLD OF PHYSICS 2’2015 CONTENTS

### EDITORIAL..... 121

#### THE SCIENCE

– A. Ganchev – Price diffusion..... 123

#### SCIENCE AND SOCIETY

– INERA, lab equipment, experimental  
and technological potential. Atomic layer  
deposition reactor and Plasma-enhanced  
chemical vapordeposition reactor ..... 134  
– Boyko Vachev – INRNE, BAS  
with a Thompson Reuters award..... 138  
– INERA, lab equipment, experimental  
and technological potential. Femtosecond Laser  
System, Automated Spectroscopic  
Ellipsometer ..... 141

#### PHYSICS AND MATHEMATICS

– Gareth Cook – The Singular Mind of Terry Tao..... 144

#### PHYSICS AND TEACHING

– M. Zamfirov, L. Djalev – Do we face a demography  
crisis of the Bulgarian teachers? Results of field study ..... 155  
– G. Exner, International Young Physics Tournament  
A training for excellent grades or excellent  
methodology for teaching physics? ..... 175

#### BIBLIOGRAPHY

– V. Pencheva – Physics of life matter,  
by Acad. A. Petrov ..... 183

#### UNION LIFE

– Acad. Alexander Petrov – President  
of the Balkan Union of Physicists..... 185  
– Todorka L. Dimitrova – International day  
of medical physicist turns into a tradition..... 187

#### PERSONALIA

– N. Stoilova, D. Tonev – Acad. Hristo Ya. Hristov  
distinguished theoretical physicist and science manager ..... 192  
– I. Todorov – Professor Hristo Hristov (1915-1990)..... 199  
– L. Vatzkichev – Congratulations to the  
„follower of people’s enlighteners“ ..... 201

#### IN MEMORIAM

– Professor Veselin Kovachev (1940-2015)..... 202  
– I. Todorov – Raymond Stora..... 203

#### SERIAL

– Alain Connes, Danyé Chéreau and Jacques  
Dixmier – „Le Theatre Quantique“, part II ..... 206



# СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

ТОМ XXXVIII, КН. 2, 2015 г.

Издание на Съюза на физиците в България

<http://aiophysics.eu/wop/>

(със спомоществателството на Българска академия на науките)

## РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Олег Йорданов <oleg.yordanov@gmail.com>

ЗАМЕСТИНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Михаил Бушев <m\_bushev@abv.bg>

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Милен Замфиров <worldofphysics@abv.bg>

ЧЛЕНОВЕ

Никола Балабанов <balabanov\_n@abv.bg>

Людмил Вацкичев <Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>

Светослав Рашев <rashev@issp.bas.bg>

Ганка Камишева <gkamish@issp.bas.bg>

Евгения Стойновска <geni\_stoinovska@yahoo.com>

Георги Граховски <grah@inrne.bas.bg>

Александър Ганчев <aganchev@aubg.bg>

Георги Латеф <glatev@astro.bas.bg>

Лилия Ангелова <angelova@ie.bas.bg>

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР

Снежана Йорданова <upb@phys.uni-sofia.bg>

ВОДЕЩ БРОЯ: Олег Йорданов

## EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Oleg Yordanov

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Michael Bushev

EXECUTIVE SECRETARY

Milen Zamfirov

MEMBERS

Nicola Balabanov

Liudmil Vatzkitchev

Svetoslav Rashev

Ganka Kamisheva

Evgenia Stoinovska

Georgi Grahovski

Alexander Ganchev

Georgi Latev

Liliya Angelova

TECHNICAL SECRETARY

Snejana Iordanova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,

Бул. Джеймс Баучер № 5

☎ 02 862 76 60

e-mail: [worldofphysics@abv.bg](mailto:worldofphysics@abv.bg)

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,

1164 Sofia

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 7.12.2015 г.

ПЕЧАТНИЦА „ГИТАВА“ — СПОНСОР НА „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861-4210



Research and Innovation Capacity Strengthening of  
ISSP-BAS in Multifunctional Nanostructures

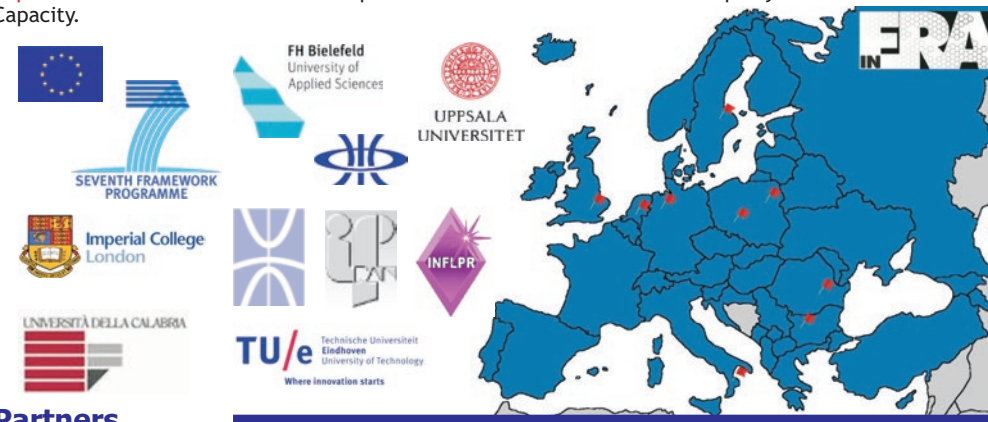
<http://www.inera.org/>

## Key Objectives

**Improve** the existing research potential of the Institute of Solid State Physics at the Bulgarian Academy of Sciences.

**Increase** the impact of INERA teams' interactions in key technologies of nanosciences, with scientific and non-scientific representatives, within the European Research Area and the region.

**Implement** measures and activities to protect the Institute's Intellectual Property and Innovation Capacity.



## Partners

Department of Chemical Engineering and Chemical Technology, Imperial College, UK

Department of Engineering Sciences, Uppsala University, Sweden

Institute of Physics at Polish Academy of Sciences, Poland

National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics, Romania

International Laboratory for High Magnetic Fields and Low Temperature Physics, Poland

Fachbereich Technik, Bielefeld University of Applied Sciences, Germany

The Liquid Crystal Laboratory at National Research Council and the University of Calabria, Italy

Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, The Netherlands

## Work Groups

WG 1: Graphene and carbon nanotubes growth and implementation (Leader: Assoc. Prof. P. Rafailov)

WG 2: Magnetoelectric single crystals and magnetron-sputtered thin films structures and their implementation (Leader: Prof. M. Gospodinov)

WG 3: Smart window-electrochromic devices and electrochemical splitting of water (Leader: Prof. K. Gesheva)

WG 4: Nanomembrane and liquid crystal nanostructures: research and applications (Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov)

WG 5: Lasers and laser assisted annealing of nanostructures (Leader: Assoc. Prof. T. Petrov)

## Work Packages

WP 1: Strengthening research infrastructure (Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov)

WP 2: ISSP-BAS research organisation and recruitment (Leader: Prof. N. Tonchev)

WP 3: Exchange of knowledge and mobility (Leader: Assoc. Prof. E. Dimova)

WP 4: Innovation capacity building (Leader: Assoc. Prof. M. Grozeva)

WP 5: Strengthening visibility - Integration of ISSP-BAS in ERA as a major player (Leader: Prof. K. Gesheva)

WP 6: Project dissemination (Leader: Prof. H. Chamati)

WP 7: Project management (Leader: Assoc. Prof. E. Vlahov)

WP 8: Evaluation of ISSP-BAS research strategy (Leader: Acad. A.G. Petrov)