

МАТЕМАТИКАТА КАТО МУЗИКА ЗА ДУШАТА (ОЩЕ ВЕДНЪЖ ЗА ТЕРИ ТАО И ПРИНОСА МУ КЪМ ДОКАЗАТЕЛСТВОТО НА ХИПОТЕЗАТА НА СЕНДОВ)

Евгения Сендова

Институт по математика и информатика – БАН

Резюме. В статията се коментират въпроси, свързани с проявата на математически талант от най-ранна възраст и с отношението на професионалистите към такъв феномен, какъвто е Тери Тао. Разгледани са епизоди от творческата му биография и няколко задачи, с които той се сблъсква на различна възраст. Основният акцент е върху приноса на Тао към доказателството на хипотезата на Сендов и лекцията му на тази тема, организирана от ръководството на Международния център по математически науки към Института по математика и информатика при БАН съвместно с ръководството на Съюза на математиците в България.

Ключови думи: математически талант; Тери Тао; хипотеза на Ердьош; хипотеза на Сендов

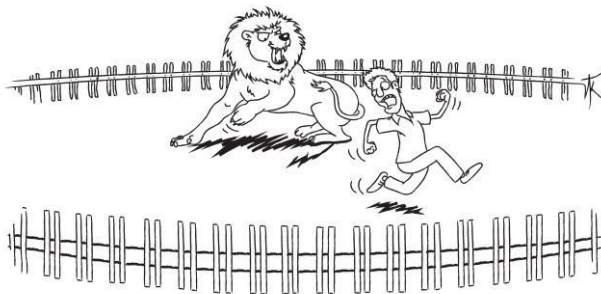
1. Лесно ли се разпознават математическите таланти, когато са на детска възраст?

Днес не е рядкост да чуем по радиото, да видим по телевизията или да прочетем във вестниците за поредните медали на „математически гении“ на 6, 7 или 8 години. Сред тези деца сигурно има и такива с потенциал да станат професионални математици, но бързото умножаване на 6-цифрени числа далеч не е качество, което се използва в математическата професия. От друга страна, не всички медалисти от математически състезания стават професионални математици. Явно е, че такива състезания развиват качества, които са ценни и в редица други професии. Тогава как да се ориентираме дали някой е „роден за математик“ още когато е в ранна детска възраст? Да разгледаме няколко епизода от детството на Тери Тао, днес всепризнат за един от най-големите математици на съвремението ни (Kuk 2015), (Bernstein 2019).

2. Да се състезаваш с лъв

Представи си, че си в огромно заградено пространство с гладен лъв. И ти, и лъвът сте изобразени като точки в пространството. Да предполо-

жим, че лъвът може да тича по-бързо от теб – как ще се спасиш? А сега да предположим, че ти можеш да бягаиш по-бързо от лъва. Или пък, че и ти, и лъвът можете да бягате с една и съща скорост. Каква стратегия ще избереш в тези случаи?



Помислете малко, преди да продължите прочита. Как бихте подхождали към такава задача? А вашите ученици? Ще ви кажат ли: „Не сме решавали такива задачи...“ или „Такива задачи ли ще дават на състезанията?“. Или пък просто: „Тази задача няма практическо приложение – да не съм луд да влизам в клетка с гладен лъв...“.

Но ситуацията, в която 9-годишният Тери Тао се сблъскал с този проблем, била малко по-различна. Бил в една стая в Университета в Принстън заедно с баща си и две светила в математиката – Чарлз Феферман¹⁾ и Енрико Бомбиери²⁾, които трябвало да проверят дали момчето притежава достатъчен математически талант, за да му се посвети. И така, Феферман дал на Тери лъвската задача, а Бомбиери (за да разчупи витаещото във въздуха напрежение) изведнъж се изправил, вдигнал ръце във въздуха, изревал като лъв и закачливо започнал да преследва момченцето из стаята. За жалост, Феферман не си спомня в подробности разсъжденията на Тери Тао, освен че били доста интелигентни. Най-силно впечатление обаче му направила реакцията на момчето – 9-годишно дете да даде идеи за решаването на математически проблем, толкова далеч от традиционното учебно съдържание (Bernstein 2019).

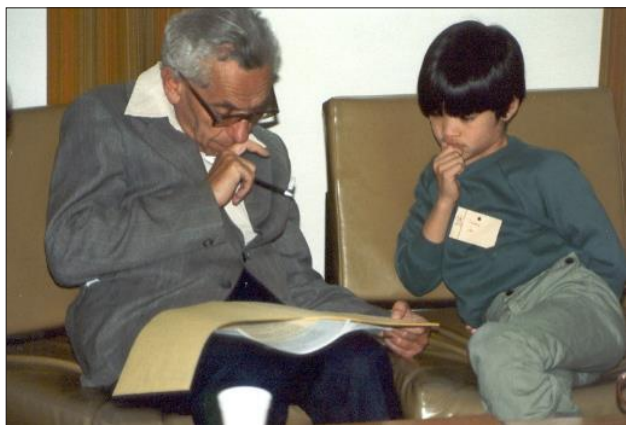
Меко казано! – си помислих, когато прочетох, че въпросната лъвска задача е част от област, известна като *Игри за преследване и укриване*³⁾. Задача, лесна за формулиране, но изключително трудна за решаване. Поставена от Радо⁴⁾ (1935 г.), тя била погрешно смятана за решена (в полза на лъва) в продължение на 20-ина години (Górnicki 2013). Едва през 1952 г. руският математик

Безикович⁵⁾ отбелязва, че ако допуснем, че най-добрата стратегия на човека е да се движи по окръжност (контура на кръглата клетка), за да бъде възможно най-далече от лъва, няма да сме прави. Той предлага стратегия (в случая на равни скорости на лъва и преследвача, идеализирани като точки), при която човекът може да оцелее, макар че лъвът може да се приближи произволно близко до него. Тази стратегия е описана от Литълвуд в (Littlewood 1953).

Известен популяризатор на математиката споделя в блога си (Talwalkar 2013) своето убеждение, че подобна задача е подходяща за ученици от горните класове на гимназията, защото е свързана с важни математически понятия и теореми: Питагоровата теорема, рекурентни формули, хармоничния ред, ограничени редици, ефективно избягване при преследване, практически и теоретични решения.

А всъщност може да се направи и компютърен модел на преследване от такъв тип, както се вижда от задачата за вълка и заека от състезанието *Тема на месеца* (октомври, 2017), разгледана подробно в (Kenderov 2018).

Година по-късно след срещата си с видните математици от Принстън в дома на семейството на Тери Тао в Аделаида гостува Пол Ердьош, наричан *човекът, който обичаше само числата* (Hoffman 1998). На снимката от тази среща по-долу си личи, че Ердьош гледа много сериозно и на деца, които обичат числата. Самият Тери споделя, че няма много спомени от въпросната среща, освен че няма представа колко известен математик е гостът им.



Пол Ердьош с Тери Тао през 1985 г. в Аделаида

На 10-годишна възраст Тери участва за първи път в Международната олимпиада по математика за ученици и печели медали в три нейни последователни издания, като последният е златен. През 1989 г. е най-младият участник в *Research Science Institute (RSI)* — международна лятна изследователска школа

за ученици (Sendova, Vassileva & Kolev 2020), и работи по проект, свързан с факторизация на елиптични криви. На въпрос какво си спомня за проекта си от RSI, той отговаря: *Беше нещо, свързано с елиптичните функции. Но това, което най-ясно си спомням, са хората!*

Интересното в случая на Тери Тао е, че за разлика от мнозина, обявени за „деца-чудо“, той продължава да прави чудеса в областта на таланта си вече няколко десетилетия. На 15 години пише ръководство за учители „Как се решават задачи“ (Solving mathematical problems), в което излага някои разумни стратегии за решаване на задачи, например: *Разберете проблема, разберете данните, разберете целта, изберете добри означения и запишете всичко, което знаете.* Освен това съветва читателите да се стремят към *решение, което е относително кратко, разбираемо и по възможност – елегантно.* Най-важното според него е *решението да бъде забавно за откриване.*

Въпреки тези прозрения Тао все още няма ясна представа какво значи да работиш като математик. Споделя в интервю, че очаквал тази професия да е свързана с получаването на задачи от някакъв комитет от суперматематици, на които да изпраща решенията си. Едва ли е мислел, че математиците понякога са по-известни със задачите, които поставят, а не толкова със задачите, които успяват да решат.

3. Из творческата биография на Тери Тао

Към 17-ата си година Тао завършва дипломната си работа (от Университета Флиндърс в Австралия) и заминава за Принстън, където кандидатства за докторант. Сред препоръчителните писма се открояват думите на Ердьош: *Уверен съм, че той ще се развие като първокласен, може би дори велик математик.* Не е преувеличил. В Принстън Тао работи под ръководството на известния специалист по хармоничен анализ Elias Stein и през 1996 защитава докторска дисертация в тази област.

През 2006 г. Тери Тао получава Филдсов медал за изследвания, свързващи функционалния анализ и комбинаториката. По това време той вече е направил открития с повече от 30 различни математици. Интересното за неговия стил на работа е, че организира съвместните усилия на математици, работещи по отворени проблеми. Според негов сътрудник *Тао представлява това, което един голям математик от XXI век трябва да бъде — част от мрежа, непрекъснато свързвайки това, което прави, с това, което правят други хора* (Kuk 2015).

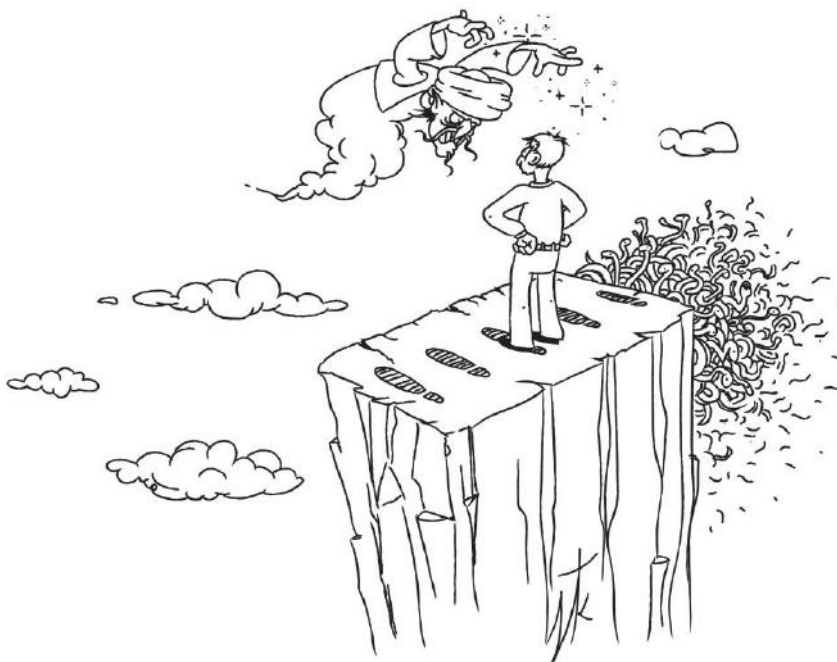
През 2012 г. печели наградата „Крафорд“ (Crafoord Prize) на Кралската шведска академия на науките, а през 2014 г. става лауреат и на Breakthrough Prize in Mathematics (награда за пробив в математиката) за *многобройни революционни приноси в хармоничния анализ, комбинаториката, частните диференциални уравнения и аналитичната теория на числата.* Понастоящем

Тери Тао е професор в Департамента по математика на Калифорнийския университет в Лос Анджелис и се радва на признанието на студентите си като изключителен преподавател.

4. Между пропаст и яма с усойници

През 2015 г. Тао решава една задача на Ердьош⁶⁾, стояла като отворен проблем цели 80 години. Ето как звучи на естествен език, формулирана от Джеймс Грайм (James Grime) в стил на забавна главоломка.

Представете си, че сте в средата на площадка върху скала на равни разстояния (например 2 стъпки) до пропаст отляво и до яма от усойници отдясно. Да означим за краткост с L стъпка вляво, а с R – стъпка вдясно. Трябва да измислите списък от стъпки вляво или вдясно (например $L, R, R, L, \dots$), който ще Ви позволи да избегнете смъртната опасност. Насреща ви обаче е зъл дух, който има право да ви каже да изпълните елементите от списъка не само последователно, но например всеки втори елемент или всеки трети, или всеки четвърти и т.н. (с други думи, изпълнението да бъде с постоянен скок от елемент до елемент в списъка). Има ли списък, при който независимо какъв скок на изпълнение избере злият дух, да се спасите?



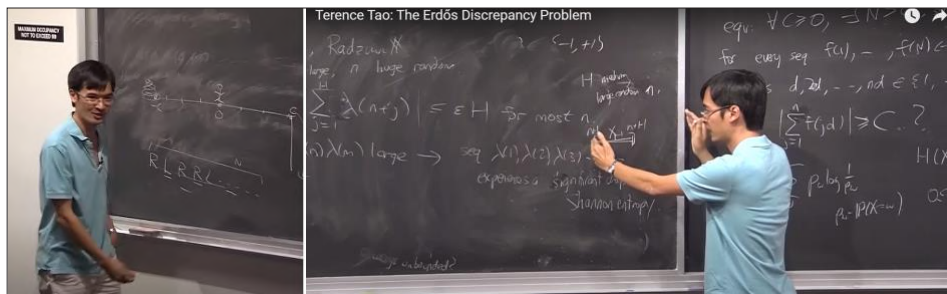
Ако разстоянието от средата на платформата до коя да е от смъртоносните граници е 2 стъпки, съществува списък от 11 елемента, който ви предпазва от смърт, какъвто и скок на изпълнение между елементите на списъка да избере злият дух. Но ако се опитате да добавите 12-и елемент, духът неизбежно ще намери изпълнение на списъка с някакъв постоянен скок (от елемент до елемент в списъка), който ще ви доведе в пропастта или в ямата с усойници. Ако от смъртоносните граници ви делят не 2, а 3 стъпки, с помощта на компютърна програма е установено от Б. Конев и А. Лисица (от Университета в Ливърпул), че най-дългият „спасителен“ списък се състои от 1,161 стъпки (Klarreich 1915). А ако въпросното разстояние е по-голям брой стъпки?

Около 1932 г. Ердьош задава по същество следния въпрос: *Можете ли да избегнете смъртта за произволно разстояние от n стъпки от центъра на платформата до смъртоносните граници?* И прави хипотезата, че отговорът е отрицателен — независимо колко далеч са пропастта и ямата с усойници, не можете да измислите безкраен „спасителен“ списък от стъпки.

На математически език хипотезата на Ердьош изглежда така.

Хипотеза на Ердьош (1930): Нека $x_1, x_2, \dots$ е редица от числата 1 и -1, а m е естествено число. Тогава съществува подредица $x_{d_1}, x_{d_2}, x_{d_3}, \dots, x_{d_n}$, където n и d са естествени числа, така че $|\sum_{i=1}^n x_{id}| \geq m$.

Тери Тао доказва, че хипотезата на Ердьош е вярна, като за първи път прави синтез между ентропията (термин от теорията на Шенън за информацията), теория на вероятностите и теорията на числата (Тао 2016).



Лекция на Тери Тао върху доказателството на хипотезата на Ердьош (Тао 2015)

Информацията дотук може да бъде намерена в *мрежата* в различни източници. Кое тогава направи една лекция на Тао в началото на 2021 г. значително събитие за българската математическа общност (Mushkarov, Nikolov, & Sendova 2021)?

5. Събитието

На 9.12.2020 г. служителите на ИМИ – БАН, получиха съобщение по електронната поща от председателя на Управителния съвет на СМБ:

Драги колеги,

Тази сутрин на arXiv се появи статия от самия Терънс Тао — хипотезата на Сендов е вярна за всички достатъчно големи n . Академикът сигурно е щастлив там горе.

Ставаше дума за една известна хипотеза на акад. Блавест Сендов, формулирана от него, когато бил на 26 години и която в продължение на повече от 60 години била атакувана от десетки математици от цял свят. Тази хипотеза прецизира взаимното разположение на нулите на полином с комплексни коефициенти и нулите на производната му⁷⁾. По-точно тя гласи следното (Кендеров & Андреев 2020):

Хипотеза (Сендов, 1958 г.) *Ако всички нули на полином с комплексни коефициенти от степен $n \geq 2$ лежат в затворения единичен кръг и a е произволна негова нула, то затвореният единичен кръг с център a съдържа поне една критична точка на полинома (т.е. нула на производната на полинома).*

Както споделя Блавест Сендов в лекцията си пред Московското математическо общество, състояла се в Института „Стеклов“ на Руската академия на науките през март 2019 г. (http://www.mathnet.ru/php/seminars.phtml?option_lang=eng&presentid=23535), той представил за първи път хипотезата си пред проф. Никола Обрешков (на когото по това време бил асистент) и доказателството си за $n=3$. Обрешков реагирал с усмивка: „Интересна хипотеза, но си я доказал само в един частен случай. Няма престижно математическо списание, което да публикува такъв резултат. Виж, ако я докажеш за всяко n , е друго нещо...“.

Може би самият проф. Обрешков би се учудил, че публикуваните за 6 десетилетия резултати съдържат доказателства за степени на полиномите едва до $n = 8$.

Кратката история на хипотезата на Сендов може да се намери в редица публикации, например (Hayman 1967), (Marden 1983), (Sendov 2002), а най-важните могат да се намерят на български език в (Mushkarov, Nikolov, & Sendova 2021).

Тери Тао публикува статията си върху *Хипотезата на Сендов* в популярния сайт за препринти arXiv (<https://arxiv.org/pdf/2012.04125.pdf>) (Tao 2020).

Подходът на Тао използва стратегия, която той нарича *компактност и противоречие*. Схематично тя може да се опише така (Mushkarov, Nikolov, & Sendova 2021): за достигане до противоречие се предполага, че съществува редица от полиноми, които са контрапримери на хипотезата и чиито степени растат неограничено. Тогава, използвайки различни теореми за компактност, той определя асимптотични обекти, които му помагат да стигне до противоречие. За дефинирането на тези обекти Тао използва известен формализъм от теорията на частните диференциални уравнения, в който многократно се преминава към подредици.

Вярно е, че Тао доказва хипотезата за безброй много стойности на n , но те трябва да са достатъчно големи, т.е. той доказва, че съществува някаква стойност n_0 , такава че хипотезата е вярна за всяко $n > n_0$. Колко е голямо това n_0 обаче, не се знае.

Защо все пак вестта за тази публикация предизвика такова вълнение сред математическата общност в България? Освен редицата фактори, свързани със сериозния пробив в решаването на задача, поставена от български математик и вълнувала математически умове от цял свят в продължение на десетилетия (до днес са публикувани над 150 статии с частични резултати, включително и на други български математици), вестта за публикацията съвпадна по време с подготовката на една инициатива на Международния център за математически науки (МЦМН) към Института по математика и информатика при БАН (ИМИ – БАН) – колоквиум по случай една година от кончината на акад. Сендов. Друг важен фактор бе, че от предварителната информация в блога на Тао (Тао 2020) ставаше ясно колко богат математически инструментариум от различни области е използвал той, така че за всеки от по-тесните специалисти бе интересно да види нови техники, които могат евентуално да се приложат в конкретната му област. Не на последно място бе и фактът, че една лекция от разстояние бе по-лесно осъществима за всички интересувачи се. И така, ръководство на МЦМН съвместно с ръководството на СМБ отправиха покана към проф. Тао за онлайн лекция във връзка с резултатите му върху хипотезата на Сендов в рамките на планирания колоквиум. Поканата бе приета с благодарност и на 19 януари бе обявено събитието:



Colloquium talk in memory of Acad. Blagovest Sendov

Sendov's conjecture for sufficiently high degree polynomials

Terence Tao, University of California, Los Angeles (UCLA)

Winner of the Fields Medal 2006, the Breakthrough Prize in Mathematics, the Crafoord Prize 2012

January 26, 2021, 18:15 EET (local Sofia time)



Преди тържественото откриване на колоквиума от чл.-кор. Олег Мушкаров – директор на МЦМН, публиката можеше да проследи кадри от живота и делото на Благовест Сендов, свързани с научната, организационната и образователната му дейност. След встъпителни думи в негова памет от страна на акад. Петър Кендеров, акад. Иван Тодоров, зам.-министъра на образованието и науката Карина Ангелиева, проф. Робърт Стивън Кантрел – директор на IMSA в Университета на Маями, и проф. Филип Грифитс – директор емеритус на Института за висши изследвания в Принстън, настана моментът за централното събитие в рамките на колоквиума – доклада на проф. Тао на тема *Асимптотични граници на полиноми и хипотезата на Сендов*. Във встъпителните си думи за лектора проф. Кацарков изтъкна, че творчеството на Тао може да бъде сравнено с музиката на Моцарт по *красота и изящество на мисълта*.

Проф. Тао започна с благодарност за оказаната му чест и изрази съжалението си, че не се е срещал лично с Благовест Сендов. Когато чул за пръв път хипотезата на Сендов, бил докторант, но тематиката не била от неговата област. Дори когато в последните години се натъкнал на полиномите с коефициенти случайни величини (*random polynomials*), пак не направил връзка с хипотезата. Едва когато преди една година водил курс на докторанти по комплексен анализ, осъзнал, че някои нови техники, свързани с тези полиноми, могат да помогнат в атакуването на хипотезата и тя да бъде решена за полиноми с достатъчно големи степени. *Моят резултат е демонстрация на единството на математиката* – каза Тери Тао. – *В доклада си ще използвам съществено теория на вероятностите, макар че тя не присъства във формулировката на хипотезата на Сендов*.

Уводните слайдове на лектора бяха достъпни за достатъчно широка публика. Например на слайд, изобразяващ резултат от компютърен експеримент с полином от степен 1000 с коефициенти случайни величини и нули, разпределени равномерно върху единичния кръг, нулите на разглеждания полином и тези на производната му не само бяха с различен цвят, но и бяха изобразени съответно с точки и ромбчета, така че да се усети по-добре колко са близко.

The screenshot shows a Zoom meeting interface. The main window displays a presentation slide titled "Asymptotic limits of polynomials, and Senodov's conjecture" by Terence Tao, dated Jan 26, 2021. The slide content includes mathematical text and a plot of zeros of a polynomial. The Zoom interface shows multiple participants in a grid view on the right, with names like Tanya Petrows, KMS, Sofia, etc., and KMS, assistance, and Siniša.

В майсторството на лектора може лично да се убедите, ако проследите записа на лекцията му (<https://www.youtube.com/watch?v=schd2Og0v0Q>).

В Zoom сесията участниците бяха над 250 и заедно със зрителите на излъчването по YouTube и Facebook – около 400 души, действително впечатляващ брой за математическа лекция. За частта „Въпроси и отговори“ отговаряха чл.-кор. Николай Николов и проф. Величка Милушева – научен секретар на ИМИ – БАН.

От споделените коментари на участниците можем да заключим, че събитието допринесе съществено за постигане на една от основните цели на Международния център за математически науки – да издигне престижа на българската наука и да се засили чувството за общност сред българските математици по света.

Тук може би е уместно да вметнем няколко думи за конференцията *Дни на математиката в София* (<https://mds2020.math.bas.bg/>), проведена за първи път в 2014 г. и след това в 2017 г., с цел да се събира периодично българската математическа диаспора от цял свят. Поредното издание, насрочено през 2020 г., бе отложено поради пандемията, но лекцията на Тери Тао се оказа събитие в същия дух: *Радостно беше сред слушателите да се видят толкова много българи, които са започнали пътя си в науката в България, а сега са навсякъде по света, но се чувстват свързани с България и тукашните си учители*, изрази удовлетворението си акад. Петър Кендеров. Ето още няколко коментара от колеги и ученици, които получих по електронната поща във връзка със събитието.

– **Д. Л. – професор по физика от Мичиганския държавен университет, участник в RSI:** *Благодарности на организаторите на това прекрасно събитие! Наистина ми беше приятно да гледам красивата лекция на Тери и да науча за необикновения живот и творчество на Блавест Сендов. Бях впечатлен от това колко скромен и спокоен в поведението си е Тери и как просто умее да обяснява нещата. Той много ясно показва с примери как са започнали да се формират интуицията и идеите му. Очевидно добре познава работите на други математици. Бях най-впечатлен от неговите дълбоки познания в много и твърде различни области на математиката, както и от уменията му да ползва огромен инструментариум за преодоляване на сериозни препятствия – стратегия, която той използва много успешно за решаване на трудни проблеми.*

– **Доц. М. С. (ИМИ – БАН):** *Хареса ми и общата организация на семинара и изложението. Изложението беше приятно и водещо методично до хипотезата на Сендов и изследванията на други учени в годините до 2020. Може би неслучайно някои наричат лектора „Моцарт в математиката“ заради красотата и елегантността на неговите доказателства.*

– **Р. Д. (докторант, МП):** *Лекцията на Тери Тао беше страхотна и много достъпна. Радвам се, че събра хора с интерес и любов към математиката*

от цял свят. Покрай лекцията си припомних енергията, с която професор Сендов развиваше математиката, технологиите и образованието. И любовта, с която помагаше на хората. Напомня ми, че не трябва да приемаме горните три за даденост, а трябва да работим усърдно, за да може да се развиват и да бъдат по-достъпни.

– **М. М. (ИЯИЯЕ-БАН):** Научих за международния семинар на проф. Тери Тао от социалните мрежи. Събитието беше обявено онлайн достатъчно отрано и очаквах да бъде изключително важно за българската аудитория не само заради конкретната тема, но и като повод за отбелязване на годишнината от кончината на акад. Сендов. Уведомих за него няколко ученици с изявени интереси в точните науки, предполагайки, че сами не биха събрали кураж да се включат като слушатели. За хипотезата на Сендов бях чувал в най-общ вид от преподавателя ни по висша математика в СУ (ФзФ) преди много време, но с историята около него се запознах значително по-късно. Бях впечатлен от това, че въпреки подвеждащата разбираемост на естеството на проблема дори за по-непрофесионалната аудитория той е останал твърде дълго нерешен, макар че с него са се занимавали задълбочено математици от най-висок ранг. Семинарът надмина значително очакванията ми с огромната си аудитория и отглас, но най-много с това, че проф. Тао успя да поднесе материала така, че като непрофесионалист в конкретната област, успях да проследя голяма част от изложението. Добих представа как се използва разнороден математически апарат за атакуване на проблем, който, на пръв поглед, не предполага такава интердисциплинарност. Предполагам, че илюстративните примери и елементи от доказателството се оказаха полезни и за непрофесионалната част от аудиторията, включително и за учениците. Надявам се те да са научили повече за българския принос за формулировката, както и за значителното място на акад. Сендов в математиката и българската наука.

– **Й. К. любител на класическата музика:** Не съм математик, не владее и английски език, но ми беше любопитно какво може да изпита човек като мен на лекция на толкова известен математик – беше като музика за душата.

Мечтая си за времето, когато математиката ще бъде част от общата култура и ще се възприема от учениците като музика за душата, а учителите ще бъдат като диригенти, които не само дирижират с палката, а и свирят заедно с децата в пълна хармония...

Благодарности. Изразявам горещата си благодарност на Йовко Коларов за художествената интерпретация на двете задачи и на участниците в колоквиума, които споделиха впечатленията си от лекцията.

БЕЛЕЖКИ

1. Charles Fefferman (1949) – американски математик, Филдсов медалист, публикувал първата си научна статия на 15 г., станал на 22 г. най-младият професор по математика в САЩ (Университета в Чикаго).
2. Enrico Bombieri (1940 г.) – италиански математик, Филдсов медалист, публикувал първата си научна статия на 16 г.
3. Pursuit and evasion games – тези игри са сред най-старите и елегантни задачи, свързани с теория на игрите, диференциалните уравнения, теория на управлението, диференциалната геометрия и теория на графите.
4. Richard Rado (1906-1989) – британски математик от германски произход.
5. Абрам Безикович (1891–1970) – руски математик, работил предимно в Англия.
6. Erdős discrepancy problem (Klarreich, E. 1915).
7. Динамичен аплет, демонстриращ разположението на нулите на полинома и неговата производна при различни стойности на n , е разработен от Bruce Torrence (2011) в рамките на Wolfram Demonstrations Project: “Sendov’s Conjecture”, <http://demonstrations.wolfram.com/SendovsConjecture/>.

ЛИТЕРАТУРА

- Кук, Г., 2015. Особеният ум на Тери Тао, *Светът на физиката* (2), 144 – 154.
- Кендеров, П., 2018. Уеб-базирана платформа в подкрепа на изследователския подход в STEM-образованието. *Зборник на трудови, Меѓународна конференција за образованието по природни науки и математика, Природно-математички факултет, Скопје*, 23 – 24 март, 2018, 88 – 93.
- Мушкаров, О., Николов, Н. & Сендова, Е., 2021. Когато едно доказателство се превръща в събитие, *Списание на БАН*, (3), 72 – 79.
- Кендеров, П. & Андреев, А., 2020. Академик Благовест Сендов 1932 – 2020, *Доклади на 49. пролетна конференция на СМБ*, 9 – 21.

REFERENCES

- Bernstein. M., 2019. Mind of mathematician, *Princeton Alumni Weekly*, accessed: <https://paw.princeton.edu/article/mind-mathematician>, last visited on 19.05.2021
- Górnicki, J., 2013. Lew i człowiek, *Delta*, http://www.deltami.edu.pl/temat/matematyka/analiza/2013/01/30/Lew_i_czlowiek/
- Hayman, W. K., 1967. *Research Problems in Function Theory*. London: Athlone Press

- Hoffman, P., 1998. *The Man Who Loved Only Numbers: The Story of Paul Erdős and the Search for Mathematical Truth*, New York: Hyperion.
- Kenderov, P., 2018. Ueb-bazirana platforma v podkrepa na izsledovatelskiya podhod v STEM-obrazovaniето. *Zbornik na trudovi, Međunarodna konferentsija za obrazovaniето po prirodni nauki i matematika, Prirodno-matematichki fakultet*, Skopje, 23 – 24 mart, 88 – 93.
- Kenderov, P. & Andreev, A., 2020. Akademik Blagovest Sendov 1932 – 2020, *Dokladi na 49. proletna konferentsiya na SMB*, 9 – 21.
- Klarreich, E., 1915. *A Magical Answer to an 80-Year-Old Puzzle*. Wired, Science, October 17, accessed: <https://www.wired.com/2015/10/a-magical-answer-to-an-80-year-old-puzzle/>, last visited on 19.05.2021
- Kuk, G., 2015. Osobeniyat um na Teri Tao, *Svetat na fizikata* (2), 144 – 154.
- Littlewood, J. E., 1953. *A Mathematician's Miscellany*, London: Methuen and Co. Ltd., 135 – 136.
- Marden, M., 1983. Conjectures on the critical points of a polynomial, *Amer. Math. Monthly* (90), 267 – 276.
- Mushkarov, O., Nikolov, N. & Sendova, E., 2021. Kogato edno dokazatelstvo se prevrashta v sabitie, *Spisanie na BAN* (3), 72 – 79.
- Sendov, Bl., 2002. *Generalization of a conjecture in the geometry of polynomials*. Dedicated to the memory of Vassil Popov on the occasion of his 60th birthday. *Serdica Math. J.* (28), 283 – 304.
- Sendova, E. Vassileva, A. & Kolev, E., 2020. It is not about “brain drain”, it is about “brain gain” – 20 years High School Institute of Mathematics and Informatics, in *the Proceedings of the Forty-ninth Spring Conference of the Union of Bulgarian Mathematicians*, 31 – 47.
- Talwalkar, P., 2013. *The Man and the Lion Puzzle: Pursuit and Evasion Game Theory*, accessed: <https://mindyourdecisions.com/blog/2013/06/25/the-man-and-the-lion-puzzle-pursuit-and-evasion-game-theory/>, last visited on 19.05.2021
- Tao, T., 2016. Erdős discrepancy problem, *Discrete Anal.*, Paper No. 1, accessed: <https://discreteanalysisjournal.com/article/609-the-erdos-discrepancy-problem>.
- Tao, T., 2015. Erdős discrepancy problem, *Institute for Pure & Applied Mathematics (IPAM), UCLA Mathematics Colloquium*, accessed: <https://www.youtube.com/watch?v=QauoO0j9Y9Y>, last visited on 19.05.2021
- Tao, T., 2020. *Sendov's conjecture for sufficiently high degree polynomials*, arXiv:2012.04125v1 [math.CV], 8 Dec.
- Tao, T., 2020. *What is New? (8.12.) Sendov's conjecture for sufficiently high degree polynomials*. Accessed: <https://terrytao.wordpress.com/2020/12/08/sendovs-conjecture-for-sufficiently-high-degree-polynomials/>, last visited on 19.05.2021

MATHEMATICS AS MUSIC FOR THE SOUL

Abstract. The article deals with issues related to the manifestation of mathematical talent from an early age and the attitude of professionals to such a phenomenon as Terry Tao. Episodes from his biography and several tasks he faces at different ages are considered. The main emphasis is on Terry Tao's contribution to the proof of Sendov's conjecture and his lecture on this topic, organized by the International Center for Mathematical Sciences - Sofia at the Institute of Mathematics and Informatics at BAS together with the the Union of Bulgarian Mathematicians.

Keywords: mathematical talent; Terry Tao; Erdős discrepancy problem; Sendov's conjecture

✉ **Dr. Evgenia Sendova, Assoc. Prof.**

SCOPUS ID: 6508343252

Institute of Mathematics and Informatics

Bulgarian Academy of Sciences

Sofia, Bulgaria

E-mail: jenny@math.bas.bg