

RAHVUSVAHELINE MATEMAATIKUTE KONGRESS ICM 2010 HYDERABADIS

Urve Kangro

Tartu Ülikool

Rahvusvahelised matemaatikute kongressid ICM (*International Congress of Mathematicians*) toimuvad juba alates 1897. aastast, enamasti iga nelja aasta järel. Need on kõige suuremad matemaatikute kokkutulekud maailmas. Peale kõige muu antakse seal üle Rahvusvahelise Matemaatikaühingu IMU (*International Mathematical Union*) preemiad: Fieldsi medalid, Nevanlinna preemia ja Gaussi preemia, alates 2010. aastast ka Cherni medal. Seekordne kongress, mis oli järjekorras juba kahekümne kuues, toimus Indias Hyderabadis 19.–27. augustil 2010. Aasias on kongress toimunud varem vaid kahel korral: 1990 Tokyos ja 2002 Pekingis. Seekordne kongress oli osavõtjate arvult veidi väiksem kui eelnevad: registreeritud osavõtjaid oli 2941; näiteks eelmisel korral Madridis oli 3441 registreeritud osavõtjat. Eestist olin seekord mina üksi, eelmisel korral olime kuuekesi.

Kongressi kodulehekülg on <http://www.icm2010.in/>, sealt võib leida täiendavat informatsiooni nii kongressi kava, preemiate võitjate kui ka kultuuriürituste kohta.

1. Matemaatika ajaloo Indias

Kongressi jooksul rõhutati mitu korda India tähtsust matemaatika arengus. Eriti uhked oldi selle üle, et Indias leiutati positsiooniline arvustusüsteem ja number null, mida tähistati punktiga. Praegused araabia numbrid on tegelikult Araabiasse jõudnud Indiast, Euroopasse jõudsid nad 10. sajandil Põhja-Aafrika araablase kaudu.

Positsioonilist arvustusüsteemi kasutati Indias juba 6. sajandil, tõenäoliselt varemgi. Suuri arve, kuni 10^{12} , kasutati Indias juba umbes aastal 1000 e.m.a. Pythagorase teoreemi kirjalik ülestähen-

dus Indiast pärineb umbes 8. sajandist e.m.a. Tõsi küll, mingeid märke teoreemi tõestusest pole, ilmselt polnud sel ajal veel seda kontseptsioonigi, et väiteid tuleb tõestada. Samast ajast pärineb $\sqrt{2}$ väärtus täpsusega 5 kohta pärast koma.

Aastast 499 on säilinud India matemaatiku ja astronoomi Aryabhata (476–550) värssides kirjutatud käsikiri Aryabhatiya, mis sisaldab aritmeetikat, algebrat, tasandilist ja sfäärilist trigonomeetriat, ahelmurde, ruutvõrrandeid, aritmeetilist ja geomeetrilist progressiooni ja siinuste tabelit (värssides!). Samuti sisaldab see arvu π väärtust 4 komakohaga ning valemeid järjestikuste naturaalarvude ruutude ja kuupide summa leidmiseks. Brahmagupta (598–668) kirjutas oma tähtsaima töö Brahmasphutasiddhanta aastal 628. See on samuti kirja pandud värssides, nagu tol ajal tavaks, ning ei sisalda tõestusi. See on ka esimene raamat, mis kasutab nulli kui tavalist arvu ning toob ära arvutusreeglid nulli ja negatiivsete arvudega arvutamiseks. Töö tähtsamaid tulemusi on valem kõõlnelinurga pindala arvutamiseks tema külgede pikkuste järgi, mis on siiamaa-ni tuntud Brahmagupta valemina (selle erijuhuna saame Heroni valemi kolmnurga pindala arvutamiseks, võttes ühe kõõlu pikkuseks 0). Samuti tuletas Brahmagupta ruutinterpolatsioonivalemi nurga siinuse arvutamiseks siinuste tabelist võetud väärtuste abil.

Kerala koolkond 14.–16. sajandil oli esimene, kus kasutati matemaatilist analüüsi, kaks sajandit varem, kui selleni jõuti Euroopas. Samas pole tõendeid, mis näitaksid saadud tulemuste levi-kut sellest koolkonnast väljapoole. Kerala matemaatikud tuletasid näiteks astmeread siinuse, koosinuse ja arkustangensi jaoks (jälle värssides), samuti leiti valemeid nii lõplike kui ka lõpmatute summade arvutamiseks. Kasutati piirväärtuse, tuletise ning määratud ja määramata integraali mõistet. Samuti kasutati matemaatilist induktsiooni. Suurem osa nende tööst oli siiski astronoomia-, mitte matemaatika-alane.

Tänapäeva India matemaatika sai alguse iseõppinud geeniusse Srinivasa Ramanujani (1897–1920) töödest matemaatilise analüüsi ja arvuteooria alal. Veel mõned tuntumad nimed: Subrahmanyam Chandrasekhar (1910–1995), Harish-Chandra (1923–1983), Srinivasa Varadhan (1940), viimane neist võttis ka kongressist osa. Mainiks ka tuntumaid teaduskeskusi: Tata Fundamentaaluuringute Instituut, Harish-Chandra Uurimisinstituut ja Chennai Matemaatika-teaduste Instituut.

2. Kongressi avamine

Kogu kongress toimus Hyderabadis rahvusvahelises konverentsikeskuses. Osa delegaate elas selle keskusega ühendatud hotellis, aga suur osa oli kaugemal. Kohalesaamiseks olid organiseeritud bussid. Julgeolekumeetmed olid aukartustäratavad. Suur maa-ala keskuse ümber oli aiaga piiratud. Kui buss värava juurde jõudis, siis tehti peatus, kontrolliti üle bussialune ja kõigi seesolijate kaelakaardid, lõpuks käidi kõik bussisistujad ka metallidetektoriga üle. Keskuse juurde jõudes tuli võtta sissekäigu juurde sabadesse, kusjuures naistel lubati seista ainult viimasesse sabasse. Sisenedes selgus ka soolise diskrimineerimise põhjus: nimelt kõik sisenejad käidi veel kord metalliotsijaga üle ja kobati kõigi nähes läbi, aga viimase saba juures oli selleks eraldi kabiin, kus läbiotsijaks oli noor neiu. Muidugi valgustati samal ajal läbi ka kõik kotid. Ja nii käis see igal sisenemisel terve kongressi jooksul, ka siis, kui olid lihtsalt korraks maja ette välja värsket õhku hingama läinud. Õueõhku sai küll hingata ka teise korruse terrassil, aga paljude suitsetajate tõttu polnud õhk seal just eriti värsk.

Olgugi et jõudsime kohale üle tunni aja varem, oli auditooriumis suurem osa kohti juba hõivatud. Saali tagumises osas platvormil asus grupp muusikuid, kes mängis India muusikat. See oli üpris omapärane, veidra ja keerulise rütmiga.

Pärast ICMi organiseerijate lühikest sissejuhatavat sõnavõttu saabus India president Pratibha Patil uhkes valges autos (auto oli tõesti kõrvalruumis ja paistis läbi suurte uste). Paljude üllatuseks oli India president tilluke elatanud naisterahvas, kuid väga range ja väärrika olemisega. Mängiti India hümmi, India president läitis lambi, mis sümboliseeris teadmisi ja nende jagamist, ning peeti veel mitmed kõned. Lõpuks saabus moment, mida kõik kannatamatult ootasid: IMU preemiate üleandmine. IMU sekretär Martin Grötschel luges ette preemia saajate nimed ning lühitutvustused, India president andis üle medalid ning IMU president László Lovász ulatas tšeki. Fieldsi preemia said Elon Lindenstrauss, Ngô Bảo Châu, Stanislav Smirnov ja Cédric Villani. Viimase tutvustamisel kommenteeriti, et kui eelmised olid vastavalt juut, kes suurema osa ajast on töötanud Ameerikas, vietnamlane, kes töötab Prantsusmaal, ja venelane, kes suure osa ajast töötas Rootsis ja praegu Šveitsis, siis Cédric Villani on erandlikult prantslane, kes ka töötab Prantsusmaal. Rolf Nevanlinna preemia sai Daniel Spielman, Gaussi pree-

mia Yves Meyer ning Cherni medali Louis Nirenberg. Preemia laureaate ja nende töid tutvustame lähemalt järgmistes punktides.

Järgnes India presidendi pikem sõnavõtt, kus rõhutati nii India tähtsust matemaatika ajaloos kui ka matemaatika tähtsust kõigis eluvaldkondades. Lõpuks rääkis László Lovász mõne sõnaga IMU üldkoosolekust, mis toimus Indias Bangalores otse enne seda kongressi. Ta teatas, et IMU järgmiseks presidendiks valiti Ingrid Daubechies (esimest korda valiti IMU presidendiks naine!) ja järgmine ICM toimub nelja aasta pärast Sõulis Lõuna-Koreas. Samuti ütles ta, et IMU otsustas sisse seada alalise büroo Berliinis Weierstrassi Instituudis.

Seejärel rääkis Martin Grötschel IMU tegemistest. Ta reklaamis IMU kodulehte (<http://www.mathunion.org/>), kus on praegu-seks olemas näiteks kõikide rahvusvaheliste matemaatikute kongresside kutsutud ettekanded alates Zürichi kongressist 1897. aastal. Samuti rääkis ta IMU hiljutisest uuringust, mis käsitles teadustööle hinnangu andmist viidete arvu ja mõjuteguri (*impact factor*) abil. Kõlama jäi mõte, et numbrid ei saa asendada hinnangu sisulist poolt. Nii viidete arv kui ka mõjutegur võivad olla suured näiteks vigase töö korral, samas kui mõni tõeliselt uus teooria võib jääda esialgu teiste poolt mõistmata või tõeliselt põhjalik ja süvitsiminev uurimus võib sisuliselt ka ammendada töö mingis kitsamas valdkonnas. Avatseremoonia lõpetas ICM 2010 organiseerimiskomitee esimehe Madabusi Santanam Raghunathani sõnavõtt.

3. Fieldsi medalid

Fieldsi medalid koos rahalise preemiaga antakse iga nelja aasta järel toimuval rahvusvahelisel matemaatikute kongressil kuni neljale kuni 40-aastasele matemaatikule väljapaistvate saavutuste eest matemaatikas. Seda kutsutakse vahel naljaga pooleks ka Nobeli preemiaks matemaatikas ja see on ilmselt tähtsaim matemaatikaalane preemia üldse. Allpool pisut lähemalt laureaateidest ja nende tööst.

Elon Lindenstrauss on sündinud 1970 Jeruusalemmas. Ta sai PhD 1999. aastal Heebrea Ülikoolist. Ta on töötanud Heebrea Ülikoolis, Stanfordi Ülikoolis, Clay Matemaatikainstituudis ja pike-malt Princetoni Ülikoolis professorina, praegu on ta Heebrea Ülikooli professor. Ta on tuntud funktsionaalanalüütiku Joram Lindenstraussi poeg. Tähtsamad auhinnad: Salemi preemia 2003,

Euroopa Matemaatika Seltsi preemia 2004, Erdősi preemia 2009 ja Fermat' preemia 2009.



Fieldsi medali sai ta tulemuste eest ergoodilises teoorias ning nende rakenduste eest arvuteoorias. Ergoodiline teooria uurib dünaamilisi süsteeme, kus leidub invariantne mõõt, st kui kaks piirkonda ruumis on sama mõõduga, siis osakeste trajektoorid läbivad neid piirkondi sama tihti. Üldiselt võib neid mõõtte olla palju, ka lõpmata palju. Lindenstrauss näitas, et teatud tingimustel on neid mõõtte vähe või koguni üksainus. Lindenstraussi tulemustel ergoodilises teoorias on üllatavaid rakendusi arvuteoorias. Näiteks 1930. aastal püstitas John Edensor Littlewood hüpoteesi: suvaliste reaalarvude α ja β korral $\lim_{n \rightarrow \infty} \inf n\|\alpha\| \|n\beta\| = 0$, kus $\|x\|$ tähistab reaalarvu x kaugust lähimast täisarvust. Lindenstraussi tööst järeldub, et Littlewoodi hüpoteesi mitterahuldavate reaalarvupaaride (α, β) hulga Hausdorffi mõõt on 0. Lindenstrauss lahendas samuti kvantteooria ühese ergoodilisuse hüpoteesi esimese mittetriviaalse juhu. Kvantfüüsikas ei saa rääkida osakeste trajektooridest, vaid üksnes tõenäosusest, et osake on mingil ajal mingis punktis. Ühese ergoodilisuse hüpotees väidab laias laastus, et kui süsteemi energia suureneb, siis osakeste trajektooride tõenäosusjaotus jaotub ruumis aina ühtlasemalt, ning mõõt, mille järgi see ühtlasus suureneb, on üheselt määratud. Lindenstraussi tööle viidati kui esimesele suuremale rangelt tõestatud edusammule kvantkaoseteoorias.

Kongressil tegi ta ettekande „Equidistribution in homogeneous spaces and number theory“.

Ngô Bảo Châu on sündinud 1972 Vietnamis Hanois. PhD kaitses ta 1997. aastal Paris-Sud 11 Ülikoolis. Ta on töötanud Paris 13 Ülikoolis, Paris-Sud 11 Ülikoolis ja Princetoni Arenenud Uuringute Instituudis (Institute for Advanced Study). Alates 2010. aastast töötab ta Chicago Ülikoolis. Ta võitis 1988. ja 1989. aastal rahvusvahelisel matemaatikaolümpiaadil IMO kuldmedali (neist esimese täisskooriga) ning 2004. aastal pälvis Clay uurimisauhinna.

Ngô Bảo Châu sai Fieldsi medali automorfsete vormide teooria



fundamentaalse lemma tõestuse eest, milles ta kasutas uusi algebralis-geomeetrilisi meetodeid. 1967. aastal formuleeris Robert Langlands mitu printsiipi ja hüpoteesi automorfsete vormide kohta mitmesugustel rühmadel, Galois' esituste kohta ja L-funktsioonide kohta. Need hüpoteesid sidusid omavahel arvuteooria ja rühmade esituste teooria ning tänapäeval kutsutakse seda hüpoteeside komplekti Langlandsi programmiks. Suur osa neist hüpoteesidest on siiaaani tões-

tamata, kuid mõned edusammud on andnud ka võimsaid tööriistu teiste hüpoteeside tõestamiseks, tuntumad neist on Fermat' suur teoreem ja Sato-Tate hüpotees. Langlands andis ka üldise strateegia mõnede enda püstitatud hüpoteeside tõestamiseks, kuid täielikku tõestust anda ei õnnestunud. Puuduvat osa (paljudel erinevatel ekvivalentsetel kujudel) hakati kutsuma Langlandsi programmi fundamentaalseks lemmaks ning selle lemma Ngô tõestaski, 2004 erijuhul (koos Laumoniga) ning 2009 üldjuhul. Tema tõestusmeetod on nii uudne, et arvatakse, et sellest võib kasu olla ka mitmete teiste tulemuste tõestamisel.

Tema kongressil peetud loengu pealkiri oli „Endoscopy of automorphic forms“.

Stanislav Smirnov on sündinud 1970 Leningradis (Sankt-Peterburgis). Ta lõpetas Sankt-Peterburgi Riikliku Ülikooli 1992 ning sai PhD 1996 California Tehnoloogiainstituudist (juhendaja Nikolai Makarov). Pärast lühiajalist töötamist Yale'i Ülikoolis, Princetoni Arenenud Uuringute Instituudis ja Max Plancki nimelises Matemaatikainstituudis Bonnis töötas ta alates 1998. aastast Stockholmi Kuninglikus Tehnikaülikoolis ning alates 2003. aastast Genfi Ülikoolis Šveitsis. Ta võitis 1986. ja 1987. aastal rahvusvahelisel matemaatikaolümpiaadil IMO kuldmedali täisskooriga. Ta on saanud



Peterburi Matemaatika Seltsi preemia 1997, Clay uurimisauhinna 2001, Salemi preemia 2001, Gran Gustafssoni uurimispreemia 2001, Rollo Davidsoni preemia 2002 ja Euroopa Matemaatika Seltsi preemia 2004.

Stanislav Smirnovi uurimisvaldkondadeks on analüüs, dünaamilised süsteemid, tõenäosusteooria ja matemaatiline füüsika. Ta sai Fieldsi preemia perkolatsiooni ja Isingi tasandilise mudeli konformse invariantse tõestuse eest statistilises füüsikas. Perkolatsiooniteooria uurib vedeliku imbumist läbi poorse materjali. Seda modelleeritakse võre abil, milles iga ühendus on avatud teatud tõenäosusega p ja suletud tõenäosusega $1 - p$. Püütakse kirjeldada sellise võre globaalseid omadusi. Teatud kriitilise p väärtuse korral toimub võres olekumuutus ning just selle kriitilise väärtuse korral on mudeli uurimine väga keeruline. Juba 1990ndatel oletati, et kahemõõtmelisel juhul on mudelitel teatud sümmeetria, nimelt piiril, kui võre samm läheneb nullile, on võre konformselt invariantne, st võre konformsed teisendused ei muuda mudeli käitumist piiril. Smirnov tõestas selle kolmnurkse võre korral ning kirjeldas seda piirjuhtu. Isingi mudel kirjeldab ferromagnetismi ning ka siin oli põhiprobleemiks olekumuutuse kirjeldamine. Selgus, et ka siin saab kasutada sarnast lähenemist piirjuhu kirjeldamiseks. Saadud tulemustel on suur tähtsus statistilises füüsikas.

Kongressil tegi ta ettekande „Discrete complex analysis and probability“.

Cédric Villani on sündinud 1973. aastal Prantsusmaal. Ta on lõpetanud Pariisi Kõrgema Normaalkooli 1996 ning saanud PhD Pariis-Dauphine'i Ülikoolist 1998 (juhendaja Pierre-Louis Lions). Ta on olnud professor Lyoni Kõrgemas Normaalkoolis ja Lyoni Ülikoolis, Pariisi Henri Poincaré Instituudi direktor alates aastast 2009. Tähtsamad auhinnad: Jacques Herbrand'i preemia 2007, Euroopa Matemaatika Seltsi preemia 2008, Fermat'i preemia 2009, Henri Poincaré preemia 2009.



Cédric Villani uurimisvaldkondadeks on osatuletistega diferentsiaalvõrrandid ning statistiline mehaanika. Ta sai Fieldsi preemia mittelineaarse Landau sumbumise ja Boltzmanni võrrandi la-

hendite tasakaaluolekusse koondumise uurimise eest. Boltzmanni võrrand kirjeldab gaaside kineetilist teooriat. Uuritakse, kuidas muutub ajas tõenäosus, et osake asub mingis kindlas kohas ja liigub mingi kindla kiirusega. Tasakaaluolekud on ammu teada, kuid küsimused, kuidas ja kui kiiresti süsteem tasakaaluolekule läheb, on väga keerulised. Villani oli esimene, kes näitas, kui kiiresti toimub koondumine algandmete korral, mis pole lähedal tasakaaluolekule. Plasma uurimisel asendavad Boltzmanni võrrandit Vlassov-Maxwelli süsteem ja Vlassov-Poissoni võrrand. Villani näitas, et teatud algandmete korral on mittelineaarse Vlassovi võrrandi lahendid stabiilsed ning sumbuvad ajas. See sumbumine ongi Landau sumbumine, mis kirjeldab elektronide tiheduse võnkumiste sumbumist plasmas. Selle mõjul elektronid, mis liiguvad pisut kiiremini kui laine levimiskiirus, aeglustuvad ning elektronid, mis liiguvad pisut aeglasemalt, kiirenevad. See on üllatav tulemus, sest sumbumine toimub ilma osakeste kokkupõrkumiseta ja seega entroopia suurenemiseta. Samuti on see näide, kus võrrandite range matemaatiline analüüs võimaldab paremini aru saada reaalsest füüsikalistest nähtustest.

Villani on tegelenud ka optimaalse transpordi ülesandega ning sidunud selle üllataval kombel gaasimolekulide difusiooniga kõveras ruumis (*curved space*). See seos lubas kasutada ruumi kõverusega seotud tulemusi, et vastata küsimustele optimaalse transpordi kohta. Samuti võimaldas seos optimaalse transpordi ülesandega üldistada Ricci kõveruse mõiste juhtudele, kus seda seni defineerida ei osatud.

Tema ettekande teema oli „Interacting particle systems and Landau damping“.

4. Nevanlinna preemia

Nevanlinna preemia antakse välja iga nelja aasta tagant rahvusvahelisel matemaatikute kongressil Soome matemaiku Rolf Nevanlinna mälestuseks 1982. aastast. See antakse silmapaistvate saavutuste eest arvutiteaduses või teadusarvutustes kuni 40-aastasele teadlasele. Sel aastal sai Nevanlinna preemia Daniel Spielman.

Daniel Spielman on sündinud 1970. aastal Philadelphias USAs. Ta sai PhD rakendusmatemaatikas 1995 Massachusettsi Tehnoloogiainstituudist (MIT). Ta on töötanud California Ülikoolis Berkeleys, MITis ning alates 2006. aastast on ta rakendusmatemaatika

ja arvutiteaduse professor Yale'i Ülikoolis. Ta on saanud Gödeli preemia 2008 ja Fulkersoni preemia 2009. Samuti on ta saanud enda väljatöötatud veaparanduskoodidele USA patendiametist neli patenti ning viies ootab otsust.

Daniel Spielmani uurimisvaldkondadeks on lineaarplaneerimine ning koodid. Ta sai Nevanlinna preemia lineaarplaneerimise silutud analüüsi eest, mitmesuguste graafidel põhinevate koodide kasutamise algoritmide eest ning graafiteooria rakendamise eest arvutusmatemaatikas.



Paljud algoritmid, näiteks simpleksmeetod, töötavad praktikas väga hästi, kuigi halvimal juhul võivad nad nõuda väga palju ressurssi, näiteks aega. Keskmise juhu analüüs ei pruugi olla väga veenev, sest juhuslik sisend ei pruugi olla sarnane praktiliselt esinevatele parameetritega. Daniel Spielman ja Shanghua Teng tõid sisse algoritmide silutud analüüsi mõiste, mis ühendab nii halvima juhu kui ka keskmise juhu analüüsi eeliseid. Algoritmi silutud keerukus on maksimum üle kõigi sisendite algoritmi tööaja keskväärtustest üle väikeste juhuslike häirituste; seda väljendatakse sisendi pikkuse ja häirituste suuruse funktsioonina. Kui algoritmil on väike silutud keerukus, siis see tähendab, et ta töötab hästi suuremas osas iga sisendi ümbrusest. Spielmanil ja Tengil õnnestus näidata, et üks konkreetne simpleksmeetodi variant on d , n ja σ^{-1} suhtes polünoomiaalse silutud keerukusega, kus d on muutujate arv, n on kitsenduste arv ja σ on Gaussi jaotusega juhusliku häirituse dispersioon. Silutud analüüsi on praeguseks rakendatud ka paljude teiste algoritmide puhul.

Suure tähtsusega on Daniel Spielmani töö koodide alal. Enamus tänapäevast kommunikatsioonist on kodeeritud, kas privaatsuse kaalutlustel või informatsiooni edastamisel tekkivate vigade parandamiseks. Üks efektiivne kodeerimise ja dekodeerimise meetod põhineb graafidel, mida kutsutakse ekspandriteks (*expander*). Need on piisavalt hästi seotud graafid (n -tipulise graafi korral peab iga tippude alamhulk, mis sisaldab kuni $n/2$ tippu, olema seotud vähemalt $\varepsilon \cdot n$ tipuga väljaspool seda alamhulka). Üks Spielmani

tulemustest ütleb, et saab konstrueerida teatud tüüpi ekspandritel põhineva veaparanduskoodi, mille kasutamisel on nii kodeerimise kui dekodeerimise aeg lineaarne. Ta on välja töötanud ühe parima praegu teadaolevatest minimaalselt energiat kasutavatest kodeerimistehnikatest usaldusväärse kommunikatsiooni saavutamiseks Gaussi valge müra olemasolul.

Arvutusmatemaatikas õnnestus Spielmanil näidata, et domineeriva peadiagonaaliga lineaarse võrrandisüsteemi lahendamiseks leidub peaaegu lineaarse ajaga töötav algoritm (tööaeg on lineaarne matriksi nullist erinevate elementide arvu ja $\log \kappa$ suhtes, kus κ on matriksi konditsiooniarv).

Kongressil tegi ta ettekande „Algorithms, graph theory and linear equations in Laplacian matrices“.

5. Gaussi preemia

Gaussi preemia anti välja alles teist korda. Esimene Gaussi preemia anti välja eelmisel Rahvusvahelisel Matemaatikute Kongressil Madridis 2006. See preemia antakse väljapaistvate matemaatikaalaste saavutuste eest, millel on olulisi rakendusi väljaspool matemaatikat. Preemiat annavad välja Saksa Matemaatika Selts ja IMU ühiselt. Sel korral sai Gaussi preemia Yves Meyer.



Yves Meyer on sündinud 1939. aastal ning saanud PhD Strasbourg'i ülikoolist 1966. aastal. Ta on olnud Pariis-Dauphine'i Ülikooli ning Pariisi Polütehnilise Kooli ja Cachani Kõrgema Normaalkooli professor. Alates 2009. aastast on ta Cachani Kõrgema Normaalkooli emeriitprofessor. Alates 1993. aastast on ta Prantsuse Teaduste Akadeemia liige. Gaussi preemia määrati talle olulise panuse eest arvuteoorias, operaatorite teoorias ja harmoonilises analüüsis

ning tema põhjaneva ja pöördelise rolli eest lainikute teooria ja multiresolutsioonanalüüsi väljatöötamisel.

Meyer on tegutsenud mitmetes matemaatikaharudes. Umbes 1970ndatel töötas ta välja mudelhulkade teooria arvuteoorias, millest sai oluline tööriist kvaasikristallide uurimisel. Koos Ronald

Coifmani ja Alan MacIntoshiga tõestas ta singulaarsete integraaloperaatorite pidevuse Lipschitzi kõveratel, mis oli analüüsis kaua aega olnud lahtine probleem. See avas võimaluse potentsiaaliteooria kasutamiseks suvaliste Lipschitzi piirkondade puhul. Kõige tuntumad on ilmselt aga Meyeri saavutused lainikute teooria arendamisel. Ta konstrueeris esimesed mittetriviaalsed lainikute baasid ning arendas välja multiresolutsioonanalüüsi. Lainikute teoorial on oluline tähtsus arvutusmatemaatikas, informaatikas ja statistikas, rakendustest võib mainida signaalitöötlust (näiteks pildipakkimisstandardit JPEG2000, müra eemaldamist signaalist), diferentsiaal- ja integraalvõrrandite numbrilist lahendamist, statistilist andmetöötlust jne. Yves Meyeril on olulisi saavutusi ka osatulevistega diferentsiaalvõrrandite teoorias, nimelt Navier-Stokesi võrrandite lahendite olemasolu ja ühesuse uurimisel ning turbulentse voolu numbrilisel lähendamisel. Navier-Stokesi võrrandite võnkuvate lahendite uurimine aga tõi ta tagasi pilditöötluse juurde, sest see oli seotud kujutise geomeetriliste omaduste ja tekstuuri eraldamisega. Samuti selgus, et tema varasem töö mudelhulkadega tuleb kasuks signaalitöötluses, kus on vaja kompaktselt esitada või taastada signaali, mis on eeldatavasti hõre või tugevalt kokkupakitav.

6. Cherni medal

See on uus auhind, mis anti esmakordselt välja Hyderabadis, ICM 2010 avatseremoonial. Auhind antakse isikule, kelle elutöö matemaatikas väärib kõrgeimat tunnustust. Preemia on asutatud välja-paistva Hiina matemaatiku Shiing-Shen Cherni (1911–2004) mälestuseks. Rahaliselt on see oluliselt suurem kui teised kongressil väljaantavad preemiad: pool miljonit dollarit, millest pool läheb otse preemia saajale ja teine pool tuleb annetada matemaatika edendamiseks. Auhinda rahastab Cherni perekonna poolt loodud Cherni medali fond, mille algkapitalist kaks kolmandikku annetas Simonsi fond, mille omakorda on rajanud Ameerika matemaatik James Harris Simons ja tema naine matemaatika arendamiseks. Medali sai Louis Nirenberg, kes poole preemiast annetas New Yorgi Ülikooli Couranti instituudile.

Louis Nirenberg on sündinud 1925. aastal Kanadas. Doktori-kraadi sai ta 1949. aastal New Yorgi Ülikoolist. Pärast kraadi saamist asus ta tööle New Yorgi Ülikooli ning töötas seal professorina Couranti instituudis kuni pensionile minekuni 1999. Praegu on



ta samas emeriitprofessor. Tähtsamad auhinnad: Ameerika Matemaatika Seltsi Bôcheri preemia 1959, Rootsi Kuningliku Teaduste Akadeemia Crafoordi preemia 1982, Kanada Matemaatika Seltsi Jeffery-Williamsi preemia 1987, Ameerika Matemaatika Seltsi Steele'i preemia elutöö eest 1994, USA presidendi poolt antav Rahvuslik Teaduse medal 1995.

Louis Nirenberg sai Cherni medali oma rolli eest mittelineaarsete elliptiliste osatuletistega diferentsiaalvõrrandite tänapäevase teooria formuleerimise ning arvukate tudengite ja järeldokorantide juhendamise eest. Ta on andnud olulise panuse lineaarsete ja mittelineaarsete osatuletistega diferentsiaalvõrrandite uurimisse ning nende rakendustesse kompleksanalüüsis ja geomeetrias.

Ta on seotud mitmete oluliste edusammudega analüüsis. Oma PhD väitekirjas lahendas ta kaks diferentsiaalgeomeetria kauaaegset lahtist küsimust, nimelt Weyli ja Minkowski probleemi, kasutades omatuletatud häid hinnanguid mittelineaarsete elliptiliste diferentsiaalvõrrandite jaoks kahemõõtmelisel juhul. Suure osa tema tööst moodustavadki elliptiliste, aga ka paraboolsete diferentsiaalvõrrandite lahendite hinnangud, samuti ruumide interpolatsiooni ja sisestusega seotud võrratused. Mõned tema hinnangud on saanud laialt viidatud klassikaks. Oma tulemusi rakendas ta füüsikaliste probleemide, eriti vedelike voolamise uurimiseks. Nirenberg koos Joseph Kohniga tõi sisse pseudodiferentsiaaloperaatori mõiste, mis üldistab diferentsiaal- ja integraaloperaatori mõistet. Samuti on ta saanud tulemusi osatuletistega diferentsiaalvõrrandite lahendite olemasolu ja sileduse uurimisel. Tema töö koos Fritz Johniga tõkestatud keskmise võnkumisega funktsioonide uurimisel oli nii oluline, et vastavate funktsioonide ruumi nimetataksegi nüüd John-Nirenbergi ruumiks.

7. Lilavati auhind

Lilavati auhind on saanud nime 12. sajandist pärineva värssides kirjutatud aritmeetikat ja algebrat tutvustava töö „Lilavati“ järgi.

Pärimuse järgi kirjutas selle India matemaatik Bhaskara II (1114–1185) oma tütrele Lilavatile, et teda lohutada pärast õnnetust, mis tegi tütre abiellumise võimatuks, ning see töö oli keskajal India põhiline aritmeetika ja algebra õpik. Auhind väärtustab matemaatika populariseerimist ja tutvustamist tavainimestele. See auhind on esialgu asutatud ühekordsena, kuid püütakse leida võimalusi seda järgnevatel kongressidel jätkata. Auhinna väärtus on miljon ruupiat (umbes 16 000 eurot).



Lilavati auhinna matemaatika populariseerimise eest sai *Simon Singh*, kes on sündinud 1964. aastal Inglismaal, kuid kelle mõlemad vanemad on pärit Indiast. Tal on PhD osakeste füüsikas Cambridge'i Ülikoolist. Ta on kirjutanud mitmeid populaarteaduslikke raamatuid matemaatikast, kosmoloogiast ja alternatiivmeditsiinist ning osalenud mitmetes BBC populaarteaduslikes raadio- ja televisiooniprogrammides. Muuhulgas on ta teinud dokumentaalfilmi ja kirjutanud raamatu Fermat' suure teoreemi tõestamisest Andrew Wilesi poolt.

Lilavati auhinna matemaatika populariseerimise eest sai *Simon Singh*, kes on sündinud 1964. aastal Inglismaal, kuid kelle mõlemad vanemad on pärit Indiast. Tal on PhD osakeste füüsikas Cambridge'i Ülikoolist. Ta on kirjutanud mitmeid populaarteaduslikke raamatuid matemaatikast, kosmoloogiast ja alternatiivmeditsiinist ning osalenud mitmetes BBC populaarteaduslikes raadio- ja televisiooniprogrammides. Muuhulgas on ta teinud dokumentaalfilmi ja kirjutanud raamatu Fermat' suure teoreemi tõestamisest Andrew Wilesi poolt.

8. Järgnevad päevad

Esimese päeva pärastlõunal olid kavas Fieldsi medali ja Nevanlinna auhinna laureaate tutvustavad kõned. Seejärel järgnes Abeli loeng, mida toetab Norra Teaduste Akadeemia. Selle pidas New Yorgi Ülikooli Couranti Instituudi professor Srinivasa Varadhan, kes sai Abeli auhinna aastal 2007. Tema ettekande pealkiri oli „Large Deviations“.

Teise päeva hommikupooliku loengud olid pühendatud Gaussi ja Cherni auhinna saanutele. Et Cherni medalit anti sel kongressil välja esimest korda, siis räägiti pikemalt Cherni tööst. Näidati videot intervjuust J. H. Simonsiga, kes oli auhinna pearahastaja, ning Cherni tütar May Chu meenutas oma isa, kes suri 2004. aastal. Samuti näidati filmi, kus paljud matemaatikud, aga ka sõbrad ja perekonnaliikmed meenutasid Cherni.

Järgmistel päevadel toimusid hommikupoolikul plenaarettekanded ning kohe pärast lõunasööki oli reserveeritud aeg Fieldsi ja Ne-

vanlinna preemia saanutele oma töö tutvustamiseks. Õhtupoolikul toimus töö sektsioonides: ettekanded, postriettekanded ja paneeldiskussioonid. Päris õhtul olid veel paneeldiskussioonid, ümarlauad ja kultuuriprogramm, nii et päevad lõppesid üldiselt alles 8–9 paiku õhtul (algasid hommikul kell 9, vahepeal oli tund aega lõunapausiks). Et ligi tund aega kulus hommikul ja õhtul veel konverentsikoha ja ööbimispaiga vahel liiklemiseks (paljud delegaadid, eriti vaesematest maadest, ööbisid Infosysi ühiselamutes, sinna saadeti hommikuti mitukümmend suurt bussi delegaatide transpordiks ja õhtul samamoodi tagasi), läksid päevad ikka üsna pikaks.

Mitmel korral oli õhtul busside lahkumise ajal paduvihm, siis sõitsid bussid ükshaaval otse konverentsikeskuse ukse ette ja uksehoidjad hoidsid inimeste pea kohal vihmavarje kuni bussi jõudmiseni. Üldse oli ilm väga muutlik, enamuse ajast oli sooja üle 30 kraadi ja päike säras, aga paar korda päevas tuli tõelist paduvihma, tänavad muutusid jõgedeks, inimesed sumpasid üle pahkluu, vahel ka põlvini vees (enamus olid niikuinii paljajalu, nii et suurt vahet see ei teinud), väiksemad autod üritasid kõrgemates kohtades seisma jääda või surid sügavamates kohtades välja, tekitades tohutuid ummikuid – täielik tohuvabohu. Poole tunni pärast jälle päike säras, vee ärajooksmiseks kulus ehk veidi kauem aega, aga üsna varsti polnud enam aru saadagi, et vahepeal oli vihma sadanud.

9. Kultuuriprogramm

Lisaks tööle sektsioonides pakuti kongressil ka mitmekesisest kultuuriprogrammi. Toimus India klassikalise tantsu etendus, soovijatel oli võimalus vaadata teatrietendust „Kaduv arv“, mis rääkis Ramanjani elust, tuginedes tõestisündinud ja dokumenteeritud seikadele tema elust, ning India klassikalise muusika kontsert. Enne kontserti toimus ka kaks loengut, mis tutvustasid India muusikat, kuidas see on üles ehitatud, millised on rütmid, milliste muusika-riistadega seda mängitakse jne.

Organiseeriti ka malesimultaan, kus valitsev malemaailmameister Viswanathan Anand mängis korraga 40 kongressidelegaadi vastu. Anand võitis kõik partiid peale ühe, kus 14-aastaselt India poisil õnnestus saavutada viik. See poiss, Srikar Varadaraj oli samuti kongressi delegaat ning esines seal ka ettekandega, olles üks noorimatest osavõtjatest. Kõige noorem kongressist osavõtja oli 12-aastane India tüdruk Kaavya Jayram, kes esines ettekandega

just enne seda kongressi toimunud rahvusvahelisel naismatemaatikute kongressil ICWM ning võttis sel ajal bakalaureuseõppe 3. aasta kursuseid Stanfordi Ülikoolis (küll ilma ametlikult tudeng olemata). Ta rääkis, et tema huvi matemaatika vastu on pärit ajast, mil ta oli 8-aastaselt oma isaga konverentsil kaasas ja suhtles seal ka teiste matemaatikutega. Järgmisel päeval oli ta läinud raamatupoodi ning ostnud sealt raamatuid algarvude kohta ning on sellest ajast alates tegelenud arvuteooriaga.

Nagu alati, olid ka sellel kongressil väljas erinevate kirjastuste müügilauad. Kui kongressi vahepeal vaba moment tekkis, sai seal erinevaid raamatuid vaadata ja vajadusel ka soodushinnaga osta. Mujal polegi olnud nii laia valikut uute raamatute sirvimiseks.

10. Viimane päev ja lõputseremoonia

Viimase päeva pärastlõunal toimus Emmy Noetheri loeng. Emmy Noether oli esimene naismatemaatik, kes pidas ICMil plenaarettekande (aastal 1932), ja tõenäoliselt ka esimene naine, kes üldse ICMil kõne pidas (aastal 1928). Seda loengut korraldavad Euroopa ja Ameerika naismatemaatikute ühingud EWM ja AWM Emmy Noetheri mälestuseks alates 1994. aasta kongressist ning esinejaks on alati mõni väljapaistev naismatemaatik. Seekord esines Idun Reiten, Norra Teaduse ja Tehnikaülikooli professor, tema ettekande pealkirjaks oli „Cluster categories“.

Lõputseremoonia algas alles õhtul kell 6. Lõputseremoonial andis IMU president László Lovász üle Lilavati auhinna ja teatas, et Ingrid Daubechies alustab tööd IMU presidendina jaanuaris 2011. Samuti teatati järgmise ICM 2014 toimumiskoht: jälle Aasias, Korea pealinnas Sõulis. Korea esindaja tutvustas lühidalt Sõuli ja kutsus kõiki kohalviibijaid järgmisest kongressist osa võtma. Räägiti lähemalt ka uuest IMU alalisest büroost. Lõpuks tänati kõiki organiseerijaid ja osavõtjaid ning kuulutati kongress lõppenuks.