LES MATEMÀTIQUES D'AVUI EN ELS SEUS PERSONATGES

2n Batxillerat Científic-Tecnològic

Institut Caparrella

Curs 2014-2015

Molts són els casos en què un descobriment matemàtic s'acaba aplicant a la pràctica, a la realitat [...]. Però aquest no és el propòsit de les matemàtiques. El seu objectiu és únicament desvetllar la veritat.

YOKO OGAWA

La fórmula més estimada pel profesor

Agraïments

Al meu tutor, per la seva gran ajuda, per guiar-me, per implicar-se tant en aquest treball i per fer que l'hagi agafat amb moltes ganes i il·lusió.

A la Tere Font, per estar sempre disposada a col·laborar i per ajudar-me a traduir tot el que he necessitat.

A la Lisa Sauermann, per la seva amable col·laboració al respondre les preguntes de la meva entrevista i a les persones que em van ajudar a contactar amb ella: Gregor Dolinar (Secretaria del Consell Assessor de les IMO) i Hans-Dietrich Gronau (líder de l'equip de la IMO d'Alemanya).

Finalment, moltes gràcies a tots aquells que us heu interessat mínimament en l'elaboració del meu treball i que, tant directament com indirectament, heu aportat el vostre granet de sorra.

ÍNDEX

1. Introducció

Coneixeu aquella sensació de total fascinació envers un univers que sembla totalment inabastable? Això és el que em passa amb les matemàtiques. Per una part, sento una gran admiració per tots els secrets que amaguen, i per una altra, sento impotència al saber que no els podré descobrir tots. Per aquest motiu, intento aprofitar les oportunitats que se'm presenten per aprendre. Aquest treball és una gran oportunitat i segur que m'aportarà grans coneixements per a estudis i experiències posteriors.

Un treball de recerca és un treball que mai acabaries i pot arribar a ser molt extens perquè sempre descobreixes nova informació. Per tant, s'ha de saber on parar i s'ha de tenir clar el que vols reflectir en ell. La idea inicial era esbrinar a què es dedicaven els estudiants que havien participat i destacat a les IMO (Olimpíada Internacional Matemàtica). Vam investigar i vam descobrir que hi havia molts temes relacionats amb aquest i que no podíem dedicar el treball a les olimpíades solament. D'aquesta manera, aquest treball de recerca ha acabat esdevenint una investigació sobre la història de les matemàtiques reflectides en alguns dels seus personatges més destacats de finals del segle XX i començaments del XXI, on s'expliquen les seves biografies i el que ells han aportat a les matemàtiques. També ens hem centrat en els reconeixements internacionals matemàtics més prestigiosos, en els reptes matemàtics actuals i, evidentment, en la història de les IMO i en l'estudi i resolució d'alguns dels seus problemes.
Per una altra banda, hem enriquit el treball afegint una entrevista, en alemany, amb Lisa Sauermann, qui ocupa la segona posició en el rànquing de puntuació de les olimpíades.

Les dificultats principals amb què m'he trobat han estat la complexitat dels problemes i entendre alguns conceptes matemàtics nous. Les he pogut resoldre gràcies a la bibliografia especialitzada i a una web dedicades a l’explicació de les solucions d’alguns problemes de les IMO i, sobretot, a l’ajuda, dedicació i explicacions del meu tutor.

L’objectiu principal és donar una visió general de les matemàtiques actuals utilitzant com a referència matemàtics que han participat a les IMO i que, al mateix temps, han guanyat importants premis internacionals per les seves contribucions a aquesta ciència.

2. Vocabulari

Teoria de nombres:

Estudia les propietats dels nombres enters. Aquestes propietats poden referir-se a nombres primers, representacions de nombres com a sumes d'altres, nombres irracionals, nombres transcendents (tipus de nombre irracional que no és arrel de cap polinomi amb coeficients enters, com per exemple, el nombre e)...
Segons el teorema fonamental de l'aritmètica, els nombres primers són el component principal en l'estudi dels nombres enters. Per això, el component principal de la teoria de nombres són els nombres primers.
Aquesta branca de les matemàtiques s'ha fragmentat en diferents camps per la seva amplitud, com ara:

- Teoria analítica de nombres.
- Teoria algebraica de nombres.
- Teoria combinatòria de nombres.
- Teoria computacional de nombres.

Aquest és un exemple de teorema descobert en la meva recerca:
[Teorema] Los números primos contienen progresiones aritméticas arbitrariamente grandes.
Green – Tao

Sistema dinàmic:

És un sistema complex que presenta un canvi o una evolució del seu estat en el temps, perquè les posicions, estructures i interaccions entre les seves parts canvien. Ha de constar d'una equació que permeti conèixer exactament el seu estat en el transcurs del temps, a condició de conèixer el seu estat inicial. El comportament en aquest estat es pot caracteritzar determinant els límits del sistema, els elements i les seves relacions;

d'aquesta forma es poden elaborar models que busquen representar l'estructura del mateix sistema.

La física és l’origen dels sistemes dinàmics.
Un exemple és la llei de la gravitació. Si es negligeix l'atracció deguda als altres planetes, l'acceleració de la Terra es dirigeix cap al Sol i la seva intensitat de la gravetat és inversament proporcional al quadrat de la distància que separa els dos astres.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Aquesta llei física es tradueix en una equació que, una vegada conegudes la posició i la velocitat inicials de la Terra, dóna la seva trajectòria, és a dir, la seva posició en funció del temps.

Combinatòria:

Estudia les ordenacions o agrupacions d’un determinat nombre d’elements. S’ocupa de la resolució de problemes d’elecció i disposició dels elements d’un determinat conjunt, d’acord amb determinades regles.
En el camp de la combinatòria és on tenen sentit preguntes del tipus:
Quantes possibles combinacions poden haver en la loteria primitiva?
De quantes maneres es poden assentar cinc persones en cinc seients d’una aula?

Dins de la combinatòria trobem: el factorial d’un nombre natural, les variacions (ordinàries o amb repetició), les permutacions (circulars o amb repetició), les combinacions (també n’hi ha amb repetició), els nombres combinatoris.
Tots ells tenen característiques diferents i s’han de tenir en compte dos grans factors: l’ordre (si és important que els elements del conjunt

apareguin ordenats o no) i la repetició (la possibilitat de repetició o no dels elements).

Teoria ergòdica:

Es dedica principalment a l'estudi matemàtic del comportament mitjà a llarga durada dels sistemes dinàmics.

Geometria algebraica:

És una connexió entre l'àlgebra i la geometria.
Estudia els sistemes d'equacions polinòmiques amb coeficients en un cos. És una teoria algebraica molt més profunda, rica i sofisticada que l'àlgebra lineal, que apareix quan centrem l'atenció en els conjunts de les solucions dels sistemes d'equacions lineals. Aquests conjunts de solucions formen varietats algebraiques, interpretables geomètricament com punts, corbes, superfícies i generalitzacions a dimensions superiors.
Consisteix en una sèrie de tècniques i conceptes algebraics que, en un context concret, tenen una interpretació geomètrica natural, però que són aplicables en molts altres contextos. Per tant, podem pensar geomètricament i aplicar idees geomètriques en casos on la geometria solament està present com una analogia, mentre que totes les demostracions són algebraiques i, a vegades, molt distants de qualsevol interpretació geomètrica directa.

Formes automorfes:

En l'anàlisi harmònic i en la teoria de nombres, una forma automorfa és una funció que prové des d'un grup topològic *G* fins als nombres complexos (o espais vectorials complexos) la qual és invariant sota l'acció d'un subgrup discontinu o del grup topològic. Les formes automorfes són

una generalització de la idea de les funcions periòdiques en l'espai euclidià pels grups generals topològics.
Henri Poincaré primer va descobrir les formes automorfes com a generalitzacions de la trigonometria i de les funcions el·líptiques. A través de la Conjectura de Langlands, les formes automorfes han tingut un paper important en la teoria de nombres moderna.

Teoria de la percolació:

És una teoria multidisciplinària, que estudia sistemes desordenats o caòtics, en els quals els components estan distribuïts aleatòriament en una xarxa, permetent estudiar fenòmens crítics. Els fenòmens crítics es presenten en sistemes que es caracteritzen per la existència d'un punt crític en el qual determinades propietats del sistema canvien.
Un *cluster* és el conjunt d'elements d'un mateix component que es troben en contacte. Quan es dispersa per tot el sistema s'anomena *cluster infinit.*
El *llindar de percolació* és un dels conceptes més importants de la teoria de la percolació i es defineix com la concentració a la que existeix la màxima probabilitat que aparegui un *cluster infinit* d'un component.

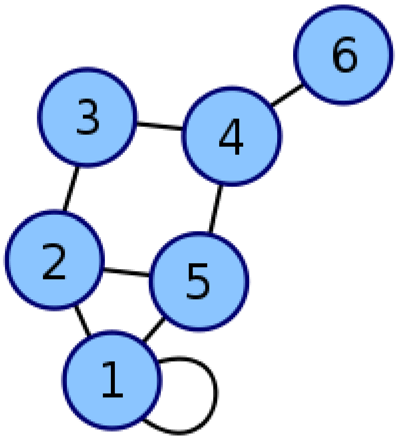
Teoria de grafs:

És una branca de les matemàtiques i de la informàtica que es dedica a l'estudi dels *grafs*, estructures matemàtiques utilitzades per a modelitzar relacions entre parelles d'objectes.
En aquest context, un graf consisteix en una col·lecció de vèrtexs connectats per línies anomenades arestes. Els grafs poden ser:

- No dirigits, és a dir, sense fer distinció entre els dos vèrtexs associats a cada aresta.
- Dirigits, és a dir, les arestes dels quals van d'un vèrtex a un altre; en aquest cas, les arestes s'anomenen arcs. Els arcs es simbolitzen amb fletxes, indicant la direcció de la relació entre els dos vèrtexs.

Els grafs se solen representar gràficament amb un punt o cercle per cada vèrtex, i una línia entre vèrtexs connectats.

Els grafs són un dels principals objectes d'estudi de la matemàtica discreta. Les aplicacions de la teoria de grafs giren al voltant d'estructures que poden ser sistematitzades amb grafs, com per exemple, l'estructura de llocs web, l'anàlisi de xarxes, l'estudi de molècules en química i física, o altres camps com els estudis sociològics.



Topologia:

És una branca de les matemàtiques relacionada amb la geometria que analitza les formes dels objectes en l'espai.

3. Premis matemàtics

En aquest apartat s'expliquen breument sis dels premis matemàtics internacionals més importants, així com, el Premi Abel, encara que a cap dels matemàtics que citarem en l'apartat 5 li han atorgat, ja que reconeix les aportacions i descobriments de matemàtics de major edat.

3.1. SASTRA RAMANUJAN: Va ser fundat per *Shanmungha Arts, Science, Technology & Research Academy* (SASTRA), que és una universitat situada a Kumbakonam, Índia, la ciutat natal del matemàtic Srinivasa Ramanujan (1887-1920). El reben els joves matemàtics (el límit d'edat són 32 anys, ja que Ramanujan va morir en aquesta edat) que han fet contribucions excepcionals en els àmbits d'interès de Ramanujan [1]. Aquest premi és anual i es va establir l'any 2005. La recompensa actual és de $10.000.

3.2. SALEM: Va ser fundat per la vídua de Raphaël Salem (1898-1963), matemàtic grec que va treballar en la sèrie de Fourier. Van anomenar el nombre Salem en el seu honor.
Es concedeix als joves matemàtics que hagin realitzat un treball excel·lent en els camps d'interès del matemàtic Salem, principalment la teoria de la sèrie de Fourier. Aquest premi és anual i es va establir l'any 1968. És considerat de gran prestigi i molts dels guanyadors del Premi Salem també han rebut, més endavant, la Medalla Fields. Tenim com a exemples a Jean-Christophe Yoccoz, Elon Lindenstrauss, Artur Àvila, Stanislav Smirnov, Ben Green i Terence Tao.

3.3. OSTROWSKY PRIZE: La Fundació AM Ostrowsky per a aquest premi internacional en matemàtiques superiors va ser creada per Alexander Markovich Ostrowsky (1893-1986), matemàtic rus que va desenvolupar el Teorema Ostrowsky i el Teorema de la "bretxa" Ostrowsky-Hadamard. Van anomenar la numeració Ostrowsky en el seu honor.

El seu objectiu és promoure les matemàtiques, proporcionant un premi internacional a un matemàtic o a un grup de científics que han obtingut els millors resultats en el camp de la matemàtica pura o en els fonaments teòrics de les matemàtiques aplicades. Aquest premi s'atorga, en general, cada dos anys i es va establir l'any 1989. La recompensa actual és de 100.000 francs suïssos.

3.4. CLAY RESEARCH AWARD: L'Institut de Matemàtiques Clay (CMI) va ser fundat el 1998 per l'empresari Landon Clay, graduat a la Universitat de Harvard, interessat en arqueologia, astronomia, biologia i matemàtiques. Clay creu que la ciència i les matemàtiques han fet grans contribucions al benestar de la humanitat i a la comprensió del món i que el paper de les matemàtiques serà cada vegada més important en un futur.

El premi el reben matemàtics que han fet avenços importants en la investigació matemàtica. Es celebra anualment, en general, i el primer premi va ser atorgat el 1999. Els matemàtics que l'han guanyat reben una escultura del logotip de l'Institut Clay.

3.5. MEDALLA FIELDS: Va ser fundada pel matemàtic John Charles Fields (1863-1932), el qual va ser president del setè Congrés Internacional de Matemàtiques i, en adonar-se que tenia superàvit, situació en què els ingressos són superiors a les despeses, va proposar dedicar-lo a finançar un premi internacional de matemàtiques. En el seu testament estava escrit que es llegués la seva herència per finançar aquest premi.

La Medalla Fields s'atorga d'entre dos a quatre matemàtics, amb el límit de 40 anys, que han fet importants contribucions en el món de les matemàtiques. S'atorga cada quatre anys durant el Congrés Internacional de la Unió Matemàtica Internacional i es va establir l'any 1936. La recompensa actual és de $15.000. La Medalla Fields és l'honor més important que un matemàtic pot rebre i per això s'ha descrit sovint com el «Premi Nobel» dels matemàtics.

L'únic matemàtic que ha aconseguit guanyar aquests cinc premis és en Terence Tao.

En la taula següent es presenten tots els matemàtics als quals els han atorgat els esmentats premis, especificant l’any en què l’han guanyat.
Els matemàtics que estan marcats en negreta són els que han participat a les IMO i els que, a més a més, estan marcats en blau són els que apareixen descrits en aquest treball.

Any	SASTRA RAMANUJAN	SALEM	OSTROWSKY PRIZE	CLAY RESEARCH AWARD	MEDALLA FIELDS
1966					Michael Francis Atiyah
					Paul Joseph Cohen
					Alexander Grothendieck
					Stephen Smale
1968		Nicholas Varopoulos			
1969		Richard Hunt			
1970		Yves Meyer			Heisuke Hironaka
					Alan Baker
					Sergéi Nóvikov
					John Griggs Thompson
1971		Charles Fefferman			
1972		Thomas Körner			
1973		Evgenii Mikhailovich Nikishin			
1974		Hugh Montgomery			Enrico Bombieri
					David Bryant Mumford
1975		William Beckner			
1976		Michael R. Herman			
1977		S. V. Bockarev			
1978		**Björn E. Dahlberg**			Daniel G. Quillen
					Pierre René Deligne
					Charles Louis Fefferman
					Grigori Margulis
1979		Gilles Pisier			
1980		Stylianos Pichorides			
1981		Peter Jones			
1982		Alexei B. Aleksandrov			Alain Connes
					William P.Thurston
					Shing-Tung Yau

	SASTRA RAMANUJAN	SALEM	OSTROWSKY PRIZE	CLAY RESEARCH AWARD	MEDALLA FIELDS
1983		Jean Bourgain			
1984		Carlos Kenig			
1985		Thomas Wolff			
1986		Nikolai Makarov			Simon Donaldson
					Gerd Faltings
					Michael Freedman
1987		Guy David			
		Jean Lin Journe			
1988		Alexander Volberg			
		Jean-Christophe Yoccoz			
1989			Louis de Branges		
1990		**Sergei Konyagin**			**Vladimir Drinfeld**
					Vaughan Jones
					Shigefumi Mori
1991		Curtis T. McMullen	Jean Bourgain		
1992		Mitsuhiro Shishikura			
1993		Sergei Treil	**Miklós Laczkovich**		
			Marina Ratner		
1994		Kari Astala			**Pierre-Louis Lions**
					Jean-Christophe Yoccoz
					Jean Bourgain
					Yefim Zelmánov
1995		Hakan Eliasson	**Andrew J. Wiles**		
1996		Michael Lacey			
		Christoph Thiele			
1997			Yuri V. Nesterenko		

	SASTRA RAMANUJAN	SALEM	OSTROWSKY PRIZE	CLAY RESEARCH AWARD	MEDALLA FIELDS
1997			Gilles I. Pisier		
1998		Trevor Wooley			**Richard Ewen Borcherds**
					W. Timothy Gowers
					Maxim Kontsevich
					Curtis T. McMullen
1999		**Fedor Nazarov**	Alexander A. Beilinson	Andrew Wiles	
			Helmut H. Hofer		
2000		**Terence Tao**		Alain Connes	
				Laurent Lafforgue	
2001		Oded Schramm	**Henryk Iwaniec**	Edward Witten	
		Stanislav Smirnov	Peter Sarnak	**Stanislav Smirnov**	
2002		Xavier Tolsa		Oded Schramm	Vladimir Voevodsky
				Manindra Agrawal	**Laurent Lafforgue**
2003		**Elon Lindenstrauss**	Paul Seymour	Richard Hamilton	
		Kannan Soundrarajan		**Terence Tao**	
2004				**Ben J. Green**	
				Gérard Laumon	
				Ngô Bao Châu	
2005	Manjul Bhargava	**Ben J. Green**	**Ben J. Green**	Manjul Bhargava	
	Kannan Soundrarajan		**Terence Tao**	Nils Dencker	
2006	**Terence Tao**	Stefanie Petermich			Andrei Okounkov
		Artur Ávila			**Grigori Perelmán**
					Terence Tao
					Wendelin Werner
2007	**Ben Joseph Green**	**Akshay Venkatesh**	Oded Schramm	Alex Eskin	
				Christopher Hacon	

	SASTRA RAMANUJAN	SALEM	OSTROWSKY PRIZE	CLAY RESEARCH AWARD	MEDALLA FIELDS
2007				James McKernan	
				Michael Harris	
2008	**Akshay Venkatesh**	**Boáz Klartag**		Cliff Taubes	
		Assaf Naor		Claire Voisin	
2009	**Kathrin Bringmann**		Sorin Popa	Jean-Loup Waldspurger	
				Ian Agol	
				Danny Calegari	
				David Gabai	
2010	**Wei Zhang**	Nalini Anantharaman			**Elon Lindenstrauss**
					Ngô Bao Châu
					Stanislav Smirnov
					Cédric Villani
2011	**Roman Holowinsky**	Zhan Dapeng	Ib Madsen	Yves Benoist	
		Julien Dubedat	David Preiss	Jean-François Quint	
			Kannan Soundrarajan	Jonathan Pila	
2012	**Zhiwei Yun**			**Jeremy Kahn**	
				Vladimir Markovic	
2013	**Peter Scholze**	Lawrence Guth	Yitang Zhang	Rahul Pandharipande	
2014				**Peter Scholze**	**Artur Avila**
				Maryam Mirzakhani	Manjul Bhargava
					Martin Hairer
					Maryam Mirzakhani

3.6. PREMI ABEL: El govern noruec va crear el Premi Abel l'any 2002 en el bicentenari del naixement del matemàtic noruec Niels Henrik Abel, però el primer premi no va ser atorgat fins l'any següent. Niels Henrik Abel va demostrar que no hi ha cap fórmula per a trobar les arrels de tots els polinomis de graus $n \geq 5$ en termes dels seus coeficients. També va fer contribucions fonamentals en el camp de les funcions el·líptiques.

L'Acadèmia Noruega de les Ciències i les Lletres fa públic cada any el guanyador d'aquest premi, després d'haver fet una selecció per un comitè de cinc matemàtics de diversos països. Aquest premi pretén promoure les matemàtiques i augmentar el seu prestigi, especialment entre els joves. La recompensa és de 770000€.

	PREMI ABEL	**Edat quan li van atorgar el premi**
2003	Jean-Pierre Serre (1926-?)	77 anys
2004	Michael Atiyah (1929-?)	75 anys
	Isadore Singer (1924-?)	80 anys
2005	Peter Lax (1926-?)	79 anys
2006	Lennart Carleson (1928-?)	78 anys
2007	Srinivasa Varadhan (1940-?)	67 anys
2008	John Griggs Thompson (1932-?)	76 anys
	Jacques Tits (1930-?)	78 anys
2009	Mijaíl Leonídovich Grómov (1943-?)	66 anys
2010	John Tate (1925-?)	85 anys
2011	John Milnor (1931-?)	80 anys
2012	Endre Szemerédi (1940-?)	72 anys
2013	Pierre Deligne (1944-?)	69 anys
2014	Yákov Grigórievich Sinai (1935-?)	79 anys

4. Història de les IMO

4.1. Introducció

L'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (IMO) és el campionat mundial de matemàtiques per a estudiants de secundària (preuniversitaris) més important (tant que fins i tot Google la patrocina aportant un milió d'euros).
Es desenvolupa anualment en un país diferent i a l'estiu, concretament al juliol. La primera IMO va tenir lloc el 1959 a Romania, amb la participació de set països. Ha anat creixent fins a sobrepassar els 100 països dels 5 continents. Cada país envia equips amb sis estudiants com a màxim amb un líder de l'equip, un tutor i observadors. L'IMO és l'olimpíada científica internacional més antiga, més gran i més prestigiosa.

La competició consta de sis problemes dividits en dos qüestionaris. A cada pregunta es poden assolir com a màxim 7 punts (puntuació que es va fixar a partir dels anys 80), amb una puntuació màxima de 42 punts. En les primeres olimpíades els punts es distribuïen entre els problemes segons el nivell de dificultat de cadascun, d'aquesta manera no valien tots el mateix i la puntuació màxima era de 40 punts.
La prova es desenvolupa en dos dies, en cadascun dels quals el concursant disposa de quatre hores i mitja per a resoldre tres dels sis problemes. Els continguts d'aquests s'escullen entre diverses àrees de la matemàtica vista a secundària, els quals es classifiquen en geometria, teoria de nombres, àlgebra i combinatòria. No es requereixen alts coneixements matemàtics i s'espera que les solucions siguin curtes i elegants. Encara que trobar les solucions requereix una gran habilitat matemàtica i un gran enginy.

Als primers vuit anys d'aquestes olimpíades no van sobrepassar els 10 països participants ni els 80 concursants. A més, els que abundaven eren

els nois, de concursants que fossin noies hi havia ben poques, el màxim durant els primers vuit anys va ser de 9 noies.
Fins el dinovè any el màxim de països participants va ser de 21 i el màxim de concursants de 155 persones. Amb les noies passava el mateix, el seu nombre era reduït.
Amb el pas dels anys s'ha arribat als 104 països participants i als 565 concursants. Encara que el nombre de noies sempre ha estat mínim comparat amb el nombre de nois.

Les olimpíades de 2014 es van celebrar a Ciutat del Cap, Sud-àfrica. I les següents que tenen previstes són l'any 2015 a Chiang Mai, Tailàndia; l'any 2016 a Hong Kong, l'any 2017 a Brasil i l'any 2018 a Rumania.

4.2. Qui proposa els problemes?

El Consell Assessor de les IMO garanteix que l'Olimpíada es celebri cada any i que el país amfitrió respecti el reglament i les tradicions olímpiques.
Cada país participant, excepte l'amfitrió, pot enviar problemes proposats a un Comitè de Selecció de Problemes organitzat pel país amfitrió, el qual els redueix a una petita llista. Els líders dels equips es reuneixen per formar el Jurat de l'Olimpíada, el qual és el responsable de prendre les decisions formals de la competència d'aquell any, començant amb la selecció dels sis problemes que hauran de resoldre els estudiants.
La puntuació de cada participant és acordada entre el líder i el tutor de l'equip junt amb els coordinadors o qualificadors del país amfitrió (o el líder del país que va enviar el problema). Si no es fiquen d'acord o sorgeix qualsevol tipus de disputa, la decisió final correspon al Jurat.
Els participants han de ser menors de 20 anys i no poden estar matriculats en cap institució d'educació superior. Amb aquestes condicions, un individu pot participar a les IMO les vegades que vulgui.

4.3. Procés de selecció

Per tal d’escollir els sis estudiants que participaran a les IMO, els països adopten diferents processos de selecció, alguns dels quals descriuré a continuació:

Argentina

A Argentina cada any es realitza l'Olimpíada Matemàtica Argentina, organitzada per la Fundació Olimpíada Matemàtica Argentina.
Tots els alumnes que arriben i aproven el Certamen Nacional (cinquena i última ronda de la competició), que es duu a terme a l'octubre o novembre, i que no hagin complert vint anys abans de l'1 de juliol d'aquest any, tenen dret a participar en una prova de selecció que es desenvolupa a l'abril de l'any següent.
Considerant aquesta prova, es trien sis titulars i alguns suplents que representaran el país en l'Olimpíada Internacional d'aquest any.
L'Olimpíada Matemàtica Argentina es divideix en dues grans categories: Olimpíada Matemàtica Ñandú i Olimpíada Matemàtica Argentina (comunament anomenada OMA). A la primera categoria participen els alumnes que es troben en els anys de 5è, 6è i 7è d'escolaritat (comptant des de primer grau). A la segona categoria, participen tots aquells alumnes del 8è al 13è (en el cas de les escoles tècniques) any d'escolaritat.

Colòmbia

A Colòmbia es celebren diverses competicions de matemàtica organitzades per les Olimpíades Colombianes de Matemàtiques, Física i Computació. La principal d'elles, la competència nacional anomenada Olimpíada Colombiana de Matemàtiques serveix com a base per a la selecció de l'equip. Els millors concursants d'aquesta competència i, ocasionalment, estudiants destacats d'altres, són convidats al procés de formació de l'equip, el qual combina entrenament en solució de problemes de matemàtiques i exàmens. Els concursants que obtenen els millors resultats conjunts en els exàmens formen l'equip.

España

Els sis alumnes seleccionats per a la IMO procedeixen de l'Olimpíada Matemàtica Espanyola (OME), organitzada per la Reial Societat Matemàtica Espanyola. Té dues fases, una de districte i una altra nacional. Tant la fase local com la nacional consisteixen en dues sessions de tres problemes cadascuna, a resoldre en tres hores i mitja. En l'última fase, els participants només poden fer preguntes (i per escrit) durant la primera mitja hora de cada sessió. Hi participen estudiants preuniversitaris fins a segon de Batxillerat.

Mèxic

El procés de selecció a Mèxic consta de tres etapes i és organitzada per l'Olimpíada Mexicana de Matemàtiques. A la primera, cadascun dels 31 estats de la república i el Districte Federal selecciona a sis estudiants (deu en el cas del Districte Federal) que representaran a l'entitat en el concurs nacional. Aquest concurs es duu a terme un cop a l'any, al mes de novembre. D'acord amb els resultats d'aquesta competició es seleccionen almenys 16 participants. Aquests passaran per la segona etapa: els entrenaments nacionals, que es duen a terme entre els mesos de desembre i abril. Dels 16 concursants es fa una preselecció que compta amb 10 estudiants. Al maig se celebra la tercera etapa en la qual se selecciona als 6 concursants que representaran Mèxic en l'Olimpíada Internacional corresponent.
Cal destacar que mitjançant processos similars es seleccionen les delegacions que assistiran a l'Olimpíada Matemàtica d’Amèrica Central i el Carib i a la l’Olimpíada Iberoamericana de Matemàtiques.

Paraguai

Després de la ronda final de les Olimpíades Matemàtiques del Paraguai, organitzada per OMAPA, es conviden als 400 participants amb millors resultats a un curs anual d’una setmana de durada realitzat a Sant Llorenç, Ciutat de l'Est, Encarnació i altres ciutats importants del país. Després assisteixen a un altre curs anual des de març fins a octubre, tots els dissabtes, on fan un examen de 4 problemes i, a més, es tenen en compte els dos exàmens anteriors, que són l'Olimpíada Matemàtica del Con Sud i l'Olimpíada de Maig, que es fan a l'abril i maig, respectivament. Tots els exàmens s'envien a la seu central (Assumpció) per la seva correcció, per després convocar als 6 paraguaians que representen al seu país en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques.

Perú

La selecció és oberta i duta a terme aproximadament dos o tres mesos abans de les IMO i és organitzada per la Societat Matemàtica Peruana. Consisteix d'un únic examen de quatre o cinc preguntes mitjançant el qual es seleccionen als deu participants amb la millor puntuació. Aquests són entrenats per professors de la Societat Matemàtica Peruana per després fer proves addicionals de les quals es seleccionen els millors per assistir a l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques.

Puerto Rico

Les Olimpíades Matemàtiques Porto-riquenyes estan a càrrec del Departament de Ciències Matemàtiques del Recinte Universitari de Mayaguez, el qual convida a tots els estudiants de les escoles de Puerto Rico, que actualment cursen estudis en els tres nivells (3r-5è graus, 6è-8è graus i 9è-11è graus), a participar en el cicle anual de competència per a estudiants Olímpics de matemàtiques. El cicle comença cada any a l'abril amb un examen distribuït a través de la pàgina www.ompr.pr i acaba amb el campament que involucra als millors estudiants de Puerto Rico.

4.4. Criteris de valoració

Basant-se en la puntuació individual dels concursants, el jurat estableix els límits per al lliurament de medalles. Es considera que la meitat dels concursants són dignes de merèixer un premi, els quals consisteixen en medalles olímpiques d'or, plata i bronze.

- Or, s'atorga a tots els concursants que superin el tall màxim.
- Plata, s'atorga als concursants que es quedin entre el tall màxim i el següent inferior.
- Bronze, s'atorga als concursants que estan entre el segon i l'últim tall.

Els concursants que no obtenen medalla, però que van obtenir la solució completa (7 punts) d'un problema, reben menció d'honor.
Es poden atorgar premis a solucions enginyoses o que utilitzen bones generalitzacions del problema, encara que eren més freqüents abans de principis dels anys 80.

4.5. Curiositats

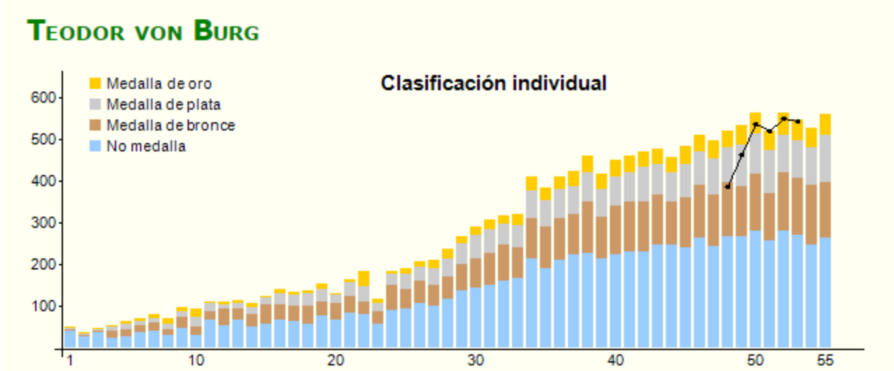
- Hi ha hagut quatre països que han aconseguit que els seus sis participants obtinguessin una Medalla d'Or. Xina (en onze ocasions), Rússia (en dos ocasions), Estats Units (en dos ocasions) i Bulgària (en una ocasió).
- L'únic cas en què s'ha aconseguit que els sis membres de l'equip d'un país obtinguessin un Perfecte (7 punts a tots els problemes) es va produir el 1994 a l'equip dels Estats Units. El 1981 Luxemburg també ho va aconseguir però en aquest cas l'equip constava d'un únic concursant.
- Hongria és l'únic país que ha quedat primer en la classificació per equips sense obtenir Medalles d'Or.
- Reid Barton va ser el primer participant de les IMO en aconseguir quatre Medalles d'Or. Barton és un dels set estudiants que ha estat *Putnam Fellow* (competició matemàtica per equips universitaris de

USA i Canadà) quatre vegades i es l'única persona que ha guanyat en la IMO i en la IOI (Olimpíada Internacional d'Informàtica). Actualment, Reid Barton treballa a la universitat de Harvard i al MIT (Massachusetts Institute of Technology).

- La persona que més vegades ha fet un Perfecte (42 punts) és Ciprian Manolescu. Ho va aconseguir en les seves tres participacions (1995, 1996 i 1997).
- Evgenia Malinnikova és la participant femenina que ha aconseguit majors puntuacions en la història de les IMO. Va aconseguir tres Medalles d'Or en les seves tres participacions (1989, 1990 i 1991) amb 41, 42 i 42 punts respectivament.
- Oleg Golberg és l'únic participant que ha aconseguit Medalla d'Or amb dos països diferents. En va aconseguir dos amb Rússia (2002 i 2003) i una amb Estats Units (2004).
- Terence Tao és el participant més jove que ha aconseguit medalles (10 anys) i també en aconseguir Medalla d'Or (12 anys). En ambdós casos el segueix en la classificació Raúl Arturo Chávez Sarmiento. Un altre exemple interessant és Noam Elkies, que va aconseguir una Medalla d'Or amb un Perfecte el 1981, amb 14 anys.
- El nostre país no ha aconseguit mai cap Medalla d'Or. En tota la història de les IMO se li han atorgat 5 medalles de plata, 38 de bronze i 44 mencions honorífiques.
- Per a cada problema en cada IMO, sempre hi ha hagut almenys un participant amb una solució perfecta. Hi ha hagut, però, olimpíades on ningú ha aconseguit 42 punts.

4.6. Els tres millors historials de les IMO

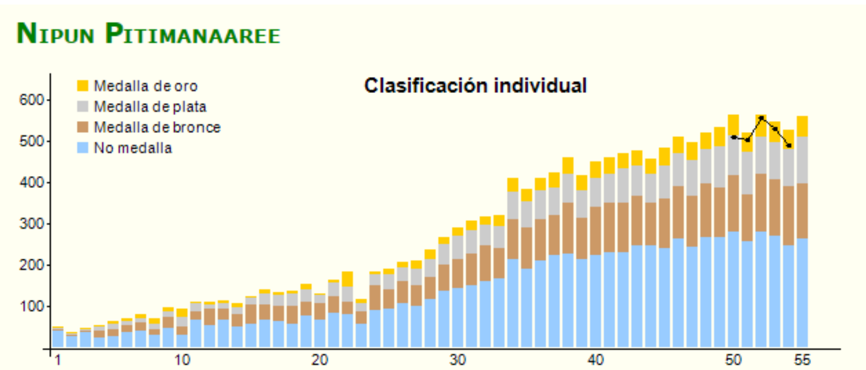
Teodor Von Burg: Concursant de Sèrbia, ha participat 6 vegades a les IMO, guanyant 4 medalles d’or, una de plata i una altra de bronze.



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
2012	Serbia	7	7	7	6	7	4	38	4	99,45%	Medalla de oro
2011	Serbia	7	7	2	7	7	0	30	14	97,69%	Medalla de oro
2010	Serbia	5	7	4	7	7	7	37	3	99,62%	Medalla de oro
2009	Serbia	7	7	7	6	7	0	34	27	95,39%	Medalla de oro
2008	Serbia	7	2	6	7	4	1	27	71	86,89%	Medalla de plata
2007	Serbia	3	7	2	6	1	0	19	133	74,57%	Medalla de bronce

Lisa Sauermann: Concursant d’Alemanya, ha participat 5 vegades a les IMO, guanyant 4 medalles d’or i una de plata. De tots els problemes que ha resolt, ha aconseguit una solució perfecta en un d’ells.
En la seva biografia està adjuntada la taula amb les seves puntuacions (veure apartat 4.7).

Nipun Pitimanaaree: Concursant de Tailàndia, ha participat 5 vegades a les IMO, guanyant 4 medalles d’or i una de plata.



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
2013	Tailandia	7	7	3	7	7	0	31	34	93,73%	Medalla de oro
2012	Tailandia	7	7	3	7	7	2	33	17	97,07%	Medalla de oro
2011	Tailandia	7	7	7	7	7	0	35	6	99,11%	Medalla de oro
2010	Tailandia	7	7	7	7	1	0	29	18	96,74%	Medalla de oro
2009	Tailandia	7	7	2	7	7	0	30	54	90,60%	Medalla de plata

4.7. Lisa Sauermann

Naixement: 25 de setembre de 1992.

Nacionalitat: Alemanya.

Coneguda per: La segona millor participant de les IMO.

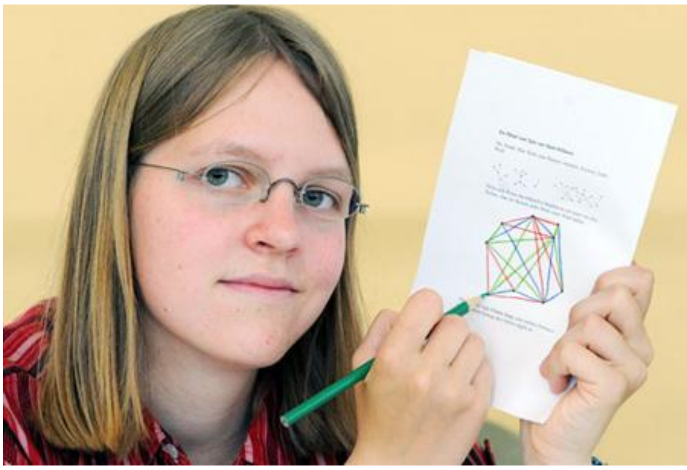
Anys de participació a les IMO: 2007, 2008, 2009, 2010 i 2011.

Professió actual: Estudiant.

Biografia

Lisa Sauermann va néixer el 25 de setembre de 1992 a Dresden. Ha estudiat a l'escola secundària *Alexander-Nexö*, a Dresden.

Va guanyar el premi *Franz Ludwig Gehe* per haver desenvolupat un nou teorema amb la seva demostració, en el camp de la teoria de grafs [2].



El 2011 va començar a estudiar Matemàtiques a la Universitat de Bonn.

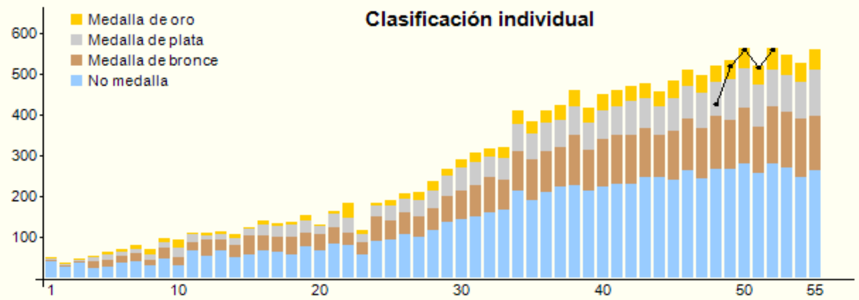
Actualment, és una estudiant de postgrau a la Universitat d'Stanford.

Participació a les IMO

Lisa va participar per primera vegada a les IMO el 2007, en la qual va guanyar una medalla de plata. Els quatre anys següents va guanyar una medalla d'or a cadascuna. El més destacable és que a la IMO 2011 va ser l'única participant que va aconseguir la màxima puntuació.

Gràcies a la seva última participació a les IMO va aconseguir convertir-se en la millor participant d'aquesta olimpíada. Ha resolt a la perfecció 23 problemes sobre els 30 que ha intentat resoldre en els seus cinc anys d'intervenció.

LISA SAUERMANN



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto Abs.	Puesto Rel.	Premio
2011	Alemania	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro
2010	Alemania	7	7	7	7	1	7	36	4	99,43%	Medalla de oro
2009	Alemania	7	6	7	7	7	7	41	3	99,65%	Medalla de oro
2008	Alemania	7	2	7	7	5	7	35	12	97,94%	Medalla de oro
2007	Alemania	7	0	1	7	7	0	22	93	82,27%	Medalla de plata

4.8. Entrevista amb Lisa Sauermann

4.8.1. Versió original

Zuerst konnte ich keinen Kontakt von Lisa durch Internet finden. Ich schickte dem IMO Berater eine E-mail und er stellte mir die E-mail vom Teamleiter IMO Deutschlands zur Verfügung, der Lisa meinen Antrag sendete und sie akzeptierte erfolgreich.

Dank des deutschen Interviews und der Meinungen von Lisa, ist meine Forschungarbeit sehr interessant geworden.

1- Wann begann Ihre Bewunderung für Mathematik?

Schon in der Grundschule haben mir mathemtische Rätsel großen Spaß gemacht, und meine Begeisterung für Mathematik ist seitdem stets gewachsen.

2- Was motivierte Sie an den IMO teilzunehmen?

Zum ersten Mal an einem mathematischen Wettbewerb habe ich in der Grundschule auf Anregung meiner Eltern teilgenommen. Das hat mir viel Spaß gemacht und deshalb habe ich den darauffolgenden Jahren immer bei der deutschen Mathematikolympiade mitgemacht. Später habe ich mich dann auch für die IMO qualifiziert. Meine Motivation zur Teilnahme an der IMO war zum einen meine Freude beim Lösen der Aufgaben, aber auch (und vielleicht noch wichtiger) die anderen Teilnehmer zu treffen und kennenzulernen.

3- Wenn Sie Ihre Studium in Mathematik beenden, werden Sie einen Doktorgrad machen? Und danach, möchten Sie um die Lehre gehen oder der Forschung widmen?

Ich würde sehr gern einen Doktor machen und ich hoffe, dass mir das gelingen wird. Eine Karriere in der Forschung ist mein Traum, aber man muss dafür sehr gut sein. Wenn es mit der Forschung nicht klappt, kann ich mir auch gut vorstellen, bei einer Firma (zum Beispiel einer Bank oder Versicherung) zu arbeiten.

4- Was würden Sie an junge Studenten raten, die in die Welt der Mathematik eintauchen wollen?

Nicht verzeweifeln, wenn man etwas nicht sofort versteht! Mathematik ist schwierig und manchmal braucht man mehrere Anläufe, um einen komplizierten Sachverhalt zu durchdringen.

5- Welcher Teil der Mathematik finden Sie am interesantesten?

Am meisten begeistern mich Algebra und Algebraische Geometrie (das ist eine Verbindung zwischen Algebra und Geometrie).

6- Arbeiten Sie zurzeit an einem matematischen Problem ohne Lösung?

Nein, leider nicht. Ich bin in meinem Studium noch nicht so weit, ich muss erst mehr Grundkenntnisse erlangen.

7- Was ist die beste Erinnerung, dass Sie an die IMO haben?

Die vielen netten Leute, die ich bei der IMO getroffen habe!
Meinen Freund habe ich beim deutschen Training für die IMO kennengelernt und wir sind jetzt schon viele Jahre zusammen.

8- Wer ist Ihr Vorbild? Welcher Mathematik Figur bewunderen Sie am meisten?

Das ist eine schwierige Frage. Ich bewundere sehr viele Mathimatiker des letzten Jahrhunderts, die die Theorie der Algebra und der Algebraischen Geometrie aufgebaut haben, zum Beispiel Emil Artin, Emmy Noether und Alexander Grothendieck. Natürlich sind auch die Mathematiker aus anderen Bereichen bewundernswert, aber damit kenne ich mich weniger aus.

4.8.2. Traducció al català

Primerament, no trobava cap contacte de la Lisa per Internet. Vaig enviar un email a l'assessor de la IMO i em va facilitar el correu del líder de l'equip de la IMO d'Alemanya, el qual li va enviar la meva proposta a la Lisa i ella la va acceptar satisfactòriament.
Aquesta entrevista ha donat un toc molt interessant al treball, tant per l'alemany com per les opinions de la Lisa.

1- <u>Des de quan va començar a sentir admiració per les matemàtiques?</u>

A primària les endevinalles matemàtiques ja em divertien molt, i des de llavors el meu entusiasme per les matemàtiques va començar a créixer.

2- <u>Què li va impulsar a presentar-se a les IMO?</u>

La primera vegada que em vaig presentar a una competició matemàtica va ser quan cursava primària, per recomanació dels meus pares. Això em va divertir molt i per això els anys següents vaig anar participant a olimpíades matemàtiques alemanyes. Més tard, ja estava qualificada per la IMO. La meva motivació per participar a la IMO era l'alegria que sentia quan trobava les solucions als exercicis, i també (i potser encara més important) em motivava trobar-me i conèixer els altres participants.

3- <u>Quan acabi la carrera de matemàtiques, suposant que farà un doctorat, després li agradaria dedicar-se a la docència o a la investigació?</u>

M'encantaria fer un doctorat i espero treure-me'l amb èxit. Una carrera en la investigació és el meu somni, però s'ha de ser molt bo per a això. Si no funciona la investigació, també em puc imaginar treballant per a una empresa (per exemple, un banc o una assegurança).

4- Què aconsellaria a futurs estudiants que es vulguin endinsar en el món de les matemàtiques?

Que no es desesperin quan no entenguin alguna qüestió immediatament! Les matemàtiques són difícils i algunes vegades es necessiten diversos intents per tal de penetrar en temes complicats.

5- Quina part de les matemàtiques l'atreu més?

Les que més m'inspiren són l'àlgebra i la geometria algebraica (que és una connexió entre l'àlgebra i la geometria).

6- Actualment està treballant en algun problema matemàtic sense solució?

Malauradament no. Encara no he arribat tan lluny en els meus estudis, primer he hagut d'estudiar les coses més bàsiques.

7- Quin és el millor record que guarda de les IMO?

La gent tan agradable que he conegut a les IMO!
Vaig conèixer al meu xicot a la preparació alemanya per a la IMO i ara ja fa molts anys que estem junts.

8- Qui és el seu ídol? A quin personatge matemàtic admira més?

Aquesta és una pregunta difícil. Admiro molts matemàtics del segle passat, els quals han construït la teoria de l'àlgebra i la de la geometria algebraica, per exemple Emil Artin, Emmy Noether i Alexander Grothendieck. Naturalment, els matemàtics d'altres àrees també són admirables però aquestes àrees les conec menys.

5. Matemàtics reconeguts amb premis internacionals

Els matemàtics que presentarem a continuació s'han seleccionat a partir d'aquests dos criteris:

- Haver participat a les IMO.
- Haver guanyat dos o més premis dels que apareixen citats en aquest treball.

Amb Grigori Perelman he fet una excepció, ja que sol ha guanyat la Medalla Fields, però he considerat que és important explicar la seva biografia ja que ha fet aportacions molt importants a les matemàtiques, especialment la demostració de la conjectura de Poincaré.

5.1. Akshay Venkatesh

Naixement: 21 de novembre de 1981.

Nacionalitat: Australiana.

Conegut per: Teoria de nombres.

Premis destacats: Salem (2007), SASTRA Ramanujan (2008).

Anys de participació a les IMO: 1994.

Professió actual: Professor a la Universitat d'Stanford.

Biografia

Venkatesh es va criar a Perth, Austràlia Occidental, on va assistir a la Universitat escocesa i a unes classes de formació per preparar-se les olimpíades matemàtiques, a la qual sol assistien els alumnes més dotats.

El 1993, amb tan sols 11 anys d'edat, va competir en la vint-i-quatrena Olimpíada Internacional de Física a Williamsburg, Virginia, guanyant una medalla de bronze.

L'any següent (1994), va desviar la seva atenció cap a les matemàtiques, i després de quedar en segona posició en l'Olimpíada Matemàtica d'Austràlia, va guanyar una medalla de plata en la sisena Olimpíada Matemàtica de l'Àsia Pacífica. El mateix any també va guanyar una medalla de bronze en l'Olimpíada Matemàtica Internacional celebrada a Hong Kong. Va acabar la seva educació secundària aquest mateix any.

Ell és l'únic australià que ha aconseguit guanyar medalles a l'Olimpíada Internacional de Física i a l'Olimpíada de Matemàtiques, a l'edat de 12 anys.

El 1995 va ingressar a la Universitat d'Austràlia Occidental, on era l'estudiant més jove i el 1997 va ser guardonat amb Honors de Primera Classe en matemàtiques pures i també va rebre el *J.A. Woods Memorial Prize* per ser el millor estudiant que es va graduar aquell any.

Venkatesh va començar el seu doctorat a la Universitat de Princeton el 1998 i el va finalitzar el 2002, amb una tesi titulada *Limiting forms of the trace formula*. Va rebre el suport de la Comunitat Hackett per a estudis de postgrau. Posteriorment, va ser guardonat amb una posició postdoctoral a l'Institut de Tecnologia de Massachusetts, on va exercir com a *C.L.E Moore instructor*.
Va rebre una beca d'investigació de l'Institut Clay de Matemàtiques de l'any 2004 fins el 2006.
Va ser professor adjunt a l'Institut Courant de Ciències Matemàtiques de la Universitat de Nova York.
Des de l'1 de setembre de 2008 ha estat professor a la Universitat d'Stanford.

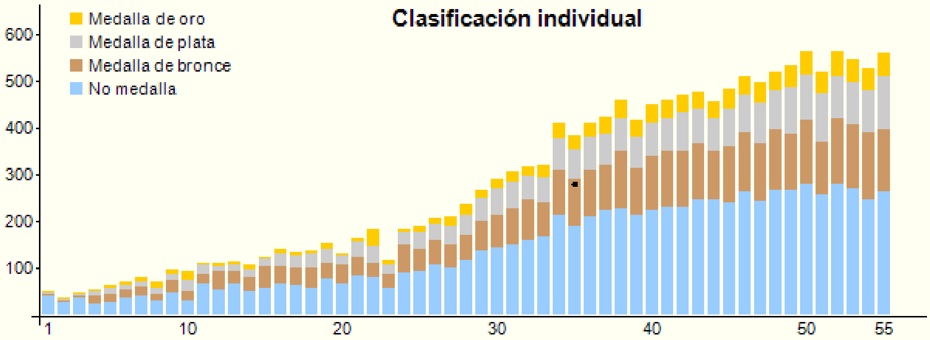
Recerca

Akshay Venkatesh és un matemàtic molt versàtil que ha fet grans contribucions a una àmplia varietat d'àrees de les matemàtiques, incloent la teoria de nombres, les formes automorfes, la teoria de la representació, espais simètrics i la teoria ergòdica; ell mateix i col·laborant amb diversos matemàtics.

Premis

- Medalla de bronze en l'Olimpíada Internacional de Física (1993).
- Segona posició en l'Olimpíada Matemàtica d'Austràlia (1994).
- Medalla de plata en l'Olimpíada Matemàtica de l'Àsia Pacífica (1994).
- Medalla de bronze en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1994).

Akshay Venkatesh



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1994	Australia	1	4	7	7	7	2	28	102	73,70%	Medalla de bronce

- Premi Salem (2007).
- Premi SASTRA Ramanujan (2008).

5.2. Artur Ávila

Naixement: 29 de juny de 1979.

Nacionalitat: Brasilera i francesa.

Conegut per: Sistemes dinàmics i teoria espectral.

Premis destacats: Salem (2006), Medalla Fields (2014).

Anys de participació a les IMO: 1995.

Professió actual: Director d'investigació del CNRS.

Biografia

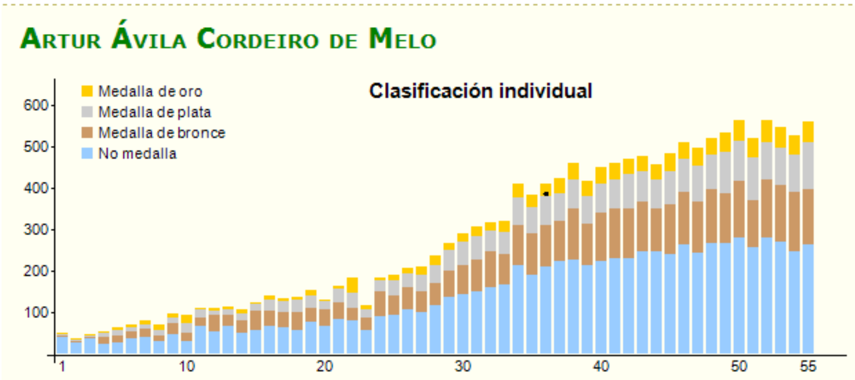
Artur Ávila va néixer el 29 de juny de 1979 a Rio de Janeiro.
A l'edat de 16 va guanyar una medalla d'or en l'Olimpíada Matemàtica Internacional a Toronto i va rebre una beca per estudiar a l'Institut Nacional de Matemàtica Pura i Aplicada. Als 19 anys va començar a estudiar un doctorat a l'institut on va rebre la beca sobre la dinàmica unidimensional sota la direcció de Wellington de Melo. El 2001 va acabar el seu doctorat i es va incorporar al *Collège de France* (Escola de França) per a fer un post-doctorat de dos anys. El 2003 va aconseguir ingressar al Centre Nacional de la Recerca Científica (CNRS) després d'haver fallat dos vegades el concurs. El 2006 va començar a ser membre de l'Institut Clay de Matemàtiques. El 2008, amb l'edat de 29 anys, es va convertir en el director d'investigació més jove al CNRS. El 2014 va esdevenir el primer llatinoamericà guanyador de la medalla Fields.

Recerca

Artur Ávila Cordeiro de Melo és un matemàtic francès-brasiler que treballa principalment en el camp dels sistemes dinàmics i en la teoria espectral.

Premis

- Medalla d’or en l’Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1995).



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1995	Brasil	7	7	7	7	7	2	37	23	94,65%	Medalla de oro

- Medalla de bronze del CNRS (2006).
- Premi Salem (2006).
- Premi de la Societat Matemàtica Europea (2008).
- Premi Herbrand (2009).
- Premi Michael Brin (2011).
- Early Career Award (2012).
- Medalla Fields (2014), pel seu treball sobre la teoria dels sistemes dinàmics.

5.3. Ben Green

Naixement: 27 de febrer de 1977.

Nacionalitat: Britànica.

Conegut per: Combinatòria, teoria de nombres i Teorema de Green-Tao.

Premis destacats: Clay Research Award (2004), Salem (2005), Ostrowsky Prize (2005), SASTRA Ramanujan (2007).

Anys de participació a les IMO: 1994 i 1995.

Professió actual: Professor de Matemàtiques Pures a la Universitat d’Oxford.

Biografia

Ben Green va néixer el 27 de febrer de 1977 a Bristol, Anglaterra. Va estudiar a les escoles locals de Bristol, *Bishop Road Primary School* i *Fairfield Grammar School*, que competien en l'Olimpíada Matemàtica Internacional, on Ben Green va competir el 1994 i el 1995.

El 1995 va entrar al *Trinity College*, Universitat de Cambridge i el 1998 va completar la seva B.A. (títol de Grau) de matemàtiques, guanyant el títol *Senior Wrangler*.

El 2003 va obtenir el seu doctorat sota la supervisió del matemàtic anglès, Timothy Gowers, amb una tesi titulada *Topics in arithmetic combinatorics*.

Va ser un membre d'investigació al *Trinity College de Cambridge* entre 2001 i 2005, abans d'esdevenir professor de Matemàtiques a la Universitat de Bristol el gener de 2005 fins a setembre de 2006 i després va ser el primer “Herchel Smith” Professor de Matemàtica Pura a la Universitat de Cambridge a partir de setembre de 2006 fins a l’agost de 2013. El 2010 va ser escollit membre de la Royal Society i el 2012 es va convertir en membre de la Societat Americana de Matemàtiques. L’1 d’agost de 2013 va esdevenir el professor *Waynflete* de Matemàtiques Pures a la Universitat d'Oxford. També va ser un investigador de l'Institut Clay de Matemàtiques i va ocupar diversos càrrecs en institucions com la Universitat de Princeton, la Universitat de la Colòmbia Britànica, i l’Institut de Tecnologia de Massachusetts.

Actualment és professor de Matemàtica Pura a la Universitat d'Oxford.

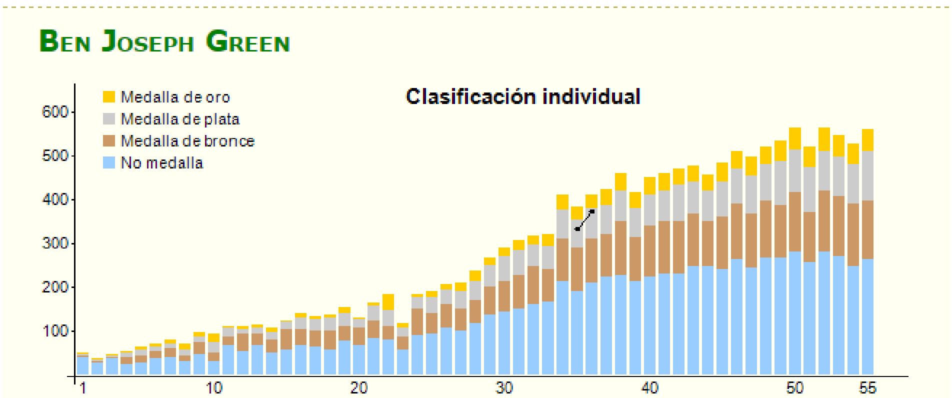
Recerca

Green ha publicat diversos resultats en combinatòria i en teoria de nombres.

El seu treball en la demostració que “tot conjunt de nombres primers de positius relatius de densitat superior contenen una progressió aritmètica de longitud tres” el va conduir al seu treball de 2004 amb el matemàtic Terence Tao, ara conegut com el teorema de Green-Tao. Aquest teorema va demostrar que per a tot n hi ha una infinitat de progressions aritmètiques de longitud n en els nombres primers.

Premis

- Dues medalles de plata en l’Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1994 i 1995).



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1995	Reino Unido	7	3	7	7	7	4	35	36	91,48%	Medalla de plata
1994	Reino Unido	7	7	7	7	7	0	35	49	87,50%	Medalla de plata

- Clay Research Award (2004)
- Premi Salem (2005), per les seves contribucions a la teoria de nombres combinatoris relacionats amb progressions de nombres primers.
- Premi Whitehead (2005), un premi anual per als matemàtics britànics en la primera etapa de la seva carrera.
- Ostrowsky Prize (2005).
- Premi SASTRA Ramanujan (2007).
- Premi European Mathematical Society (2008).

5.4. Elon Lindenstrauss

Naixement: 1 agost de 1970.

Nacionalitat: Israelita.

Conegut per: Dinàmica.

Premis destacats: Salem (2003), Medalla Fields (2010).

Anys de participació a les IMO: 1988.

Professió actual: Professor a l'Institut de Matemàtiques de la Universitat Hebrea.

Biografia

Lindenstrauss va participar al programa *Talpiot* i va estudiar a la Universitat Hebrea, on es va graduar en Matemàtica i Física el 1991 i va obtenir el seu mestratge en Matemàtica el 1995. El 1999 va finalitzar el seu doctorat amb una tesi titulada "Entropy *properties of dynamical systems*", supervisada pel professor Benjamin Weiss. Va ser membre de l'Institut d'Estudis Avançats de Princeton i assistent de càtedra a la Universitat de Stanford. Des de 2003 fins a 2005, va ser membre del *Clay Mathematics Institute* i a partir del 2004 va treballar com a professor a Princeton. El 2008 va assumir el càrrec de professor a l'Institut de Matemàtiques de la Universitat Hebrea.

Elon Lindenstrauss ha estat el primer matemàtic israelià guanyador de la Medalla Fields el 2010 al Congrés Internacional de Matemàtics a Hyderabad, India.

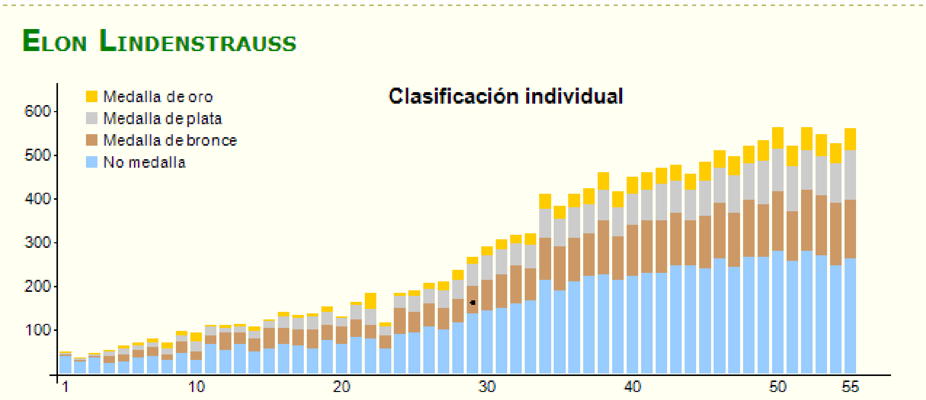
Lindenstrauss és el fill del famós matemàtic Joram Lindenstrauss, un dels creadors del lema Johnson-Lindenstrauss.

Recerca

Lindenstrauss treballa en l'àrea de la dinàmica, particularment en la teoria ergòdica i les seves aplicacions en la teoria de nombres.
Va realizar importants avenços en la comprovació de la conjectura de Littlewood amb Anatole Katok i Manfred Einsiedler.
Va aconseguir provar, en una sèrie de dos treballs (un d'ells co-escrit amb Jean Bourgain) la conjectura de Peter Sarnak.
Recentment, al costat de Einsiedler, Michel i Akshay Venkatesh, ha estudiat distribucions tòriques d'òrbites periòdiques en alguns espais aritmètics, generalitzant teoremes prèviament publicats per Hermann Minkowski i Yuri Linnik.
Ha escrit llibres en col·laboració amb Jean Bourgain, Manfred Einsiedler, Barak Weiss i Shahar Mozes.

Premis

- El 1988, Lindenstrauss va representar a Israel en l'Olimpíada Internacional Matemàtica i va guanyar una medalla de bronze.



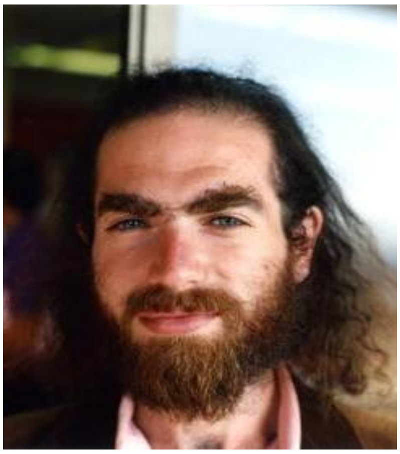
Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1988	Israel	3	5	1	7	0	1	17	102	62,17%	Medalla de bronce

- Durant el seu servei en les Forces de Defensa d'Israel, va obtenir el premi atorgat per aquest cos.
- Premi Salem (amb Kannan Soundararajan, 2003).

- Premi atorgat per la Societat Matemàtica Europea (2004).
- Premi Memorial Michael Bruno (2008).
- Premi Erdos (2009).
- Premi Fermat (2009).
- Medalla Fields (2010), pels seus èxits en la mesura de la rigidesa en la teoria ergòdica i per les seves aplicacions en la teoria de nombres.

5.5. Grigori Perelman

Naixement: 13 de juny de 1966.
Nacionalitat: Russa.
Conegut per: Conjectura de Poincaré.
Premis destacats: Medalla Fields (2006, Rebutjada).
Anys de participació a les IMO: 1982.
Professió actual: Professor de classes particulars de matemàtiques.



Biografia

Perelman va néixer a Sant Petersburg el 1966 en una família d'origen jueu, fill del conegut matemàtic Yakov Perelman.
Va estudiar al Liceu nº239 de Leningrad, centre reconegut internacionalment per la seva selectivitat extrema i el seu ambiciós programa d'aprenentatge de matemàtiques i de física teòrica.
A inicis dels 80 va aconseguir la puntuació més alta en la prestigiosa organització Mensa per a persones amb un quocient intel·lectual molt elevat.
Mentre estudiava a l'institut, el 1982 es va presentar a l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques i va guanyar la medalla d'or amb una puntuació perfecta (42 punts de 42 possibles).
A finals dels 80 va obtenir el seu doctorat a la Facultat de Matemàtiques i Mecànica de la Universitat de Leningrad, una de les universitats amb millor reputació de l'antiga Unió Soviètica. Es va especialitzar en topologia.
Després de la graduació va començar a treballar a la Universitat de Matemàtiques Steklov. Els seus assessors en aquest institut van ser Aleksandr Danilovich Aleksandrov i Yuri Dmitrievich Burago.

Entre finals dels vuitanta i inicis dels noranta, Perelman va col·laborar amb diverses universitats dels Estats Units. A partir del 1992 va passar un semestre a la Universitat de Nova York i un altre a la Universitat d'Stony Brook. El 1993 va acceptar una beca de dos anys a la Universitat de California. Finalment, el 1995, va tornar a la Universitat Steklov, rebutjant propostes per quedar-se a Stanford i Princeton. El 1996, la Societat Matemàtica Europea li va concedir un premi, el qual va rebutjar. Segons [3], "el va rebutjar dient que el jurat no estava suficientment qualificat".
Al cap d'un temps va desaparèixer del món acadèmic, deixant de publicar cap treball més durant molts anys fins el 2002.
Actualment viu aïllat en un petit apartament de Sant Petersburg quasi en la misèria amb una petita pensió i amb el que guanya impartint classes particulars de matemàtiques.

Recerca

Fins el 2002, Perelman era conegut per les seves aportacions en teoremes de comparació en geometria riemanniana. Entre els seus notables assoliments destaca la demostració de la conjectura de Soul. El 2002 va publicar a Internet un breu article de 39 pàgines, on explicava els fonaments de la demostració de la conjectura de Poincaré, que va acabar de completar publicant dos articles més per la mateixa via. A partir d'aquí va impartir nombroses conferències sobre el tema. Segons [4], "Perelman es va tancar vuit anys fins a desxifrar la conjectura de Poincaré; quan ho va fer va tornar a aïllar-se del món".
És l'únic matemàtic que ha aconseguit demostrar la conjectura de Poincaré, aquest fet li ha donat una reputació internacional i li han concedit diversos premis, els quals han estat tots rebutjats per ell.

La conjectura de Poincaré, proposada pel matemàtic francès Henri Poincaré el 1904, és un dels problemes del Mil·lenni que estava sense resoldre.

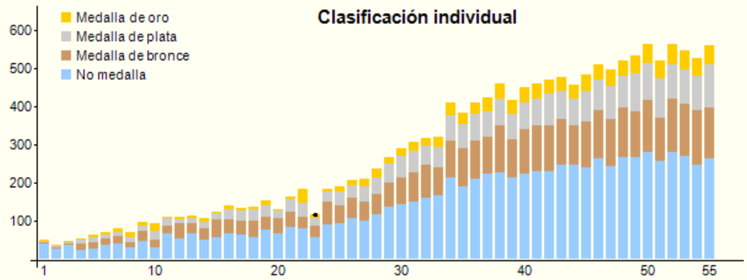
Perelman la va resoldre modificant el programa de Richard Hamilton en el qual la idea central era la noció del flux de Ricci.

Gràcies a aquest gran treball, el 2006 li van concedir la Medalla Fields, la qual va rebutjar dient que [5] "el premi era completament irrellevant per a mi. Tothom entén que, si la demostració és correcta, llavors no es necessita cap altre reconeixement".

Premis

- Medalla d'or en l'Olimpíada Internacional de Matemàtica (1982).

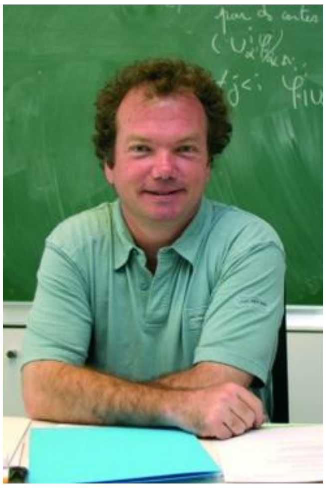
GRIGORIJ PERELMAN



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto Abs.	Puesto Rel.	Premio
1982	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro

- Premi de la Societat Matemàtica de Sant Petersburg (1991).
- Premi de la Societat Matemàtica Europea (1996, rebutjat).
- Medalla Fields (2006, rebutjada).
- Premi del Mil·lenni (2010, rebutjat).

5.6. Jean-Christophe Yoccoz



Naixement: 29 maig de 1957.

Nacionalitat: Francesa.

Conegut per: Sistemes dinàmics.

Premis destacats: Salem (1988), Medalla Fields (1994).

Anys de participació a les IMO: 1973 i 1974.

Professió actual: Professor al *Collège de France* i a la *Université Paris-Sud.*

Biografia

Jean-Christophe Yoccoz va néixer el 29 de maig de 1957 a París. Després de l'acabament de l'educació secundària i les classes preparatòries al *Lycée Louis-le-Grand* a París, va entrar per primera vegada a *l'École Normale Supérieure* el 1975, als 18 anys. Va acabar el seu doctorat el 1985 sota la direcció de Michael Herman i el 1988 va obtenir el premi Salem. La Medalla Fields li va ser atorgada l'any 1994. És membre de l'Acadèmia de Ciències Francesa des de 1994. Actualment, és professor al *Collège de France* i a la *Université Paris-Sud*, i professor honorari de l'Institut Nacional de Matemàtica Pura i Aplicada de Brasil.

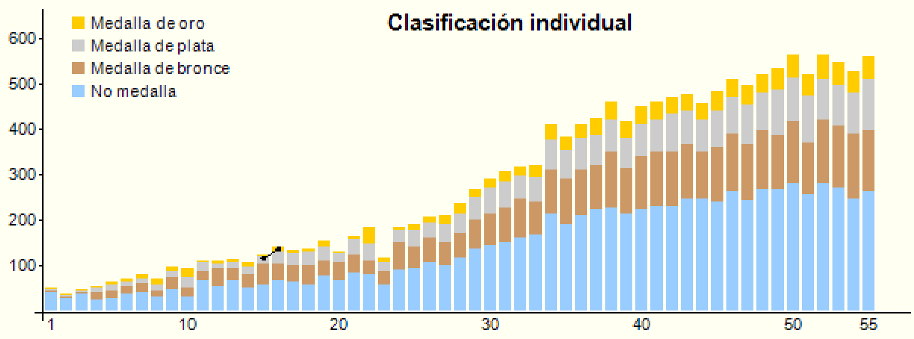
Recerca

Pels seus treballs sobre els sistemes dinàmics la Unió Matemàtica Internacional, al Congrés Internacional de Matemàtics desenvolupat a Zuric, li va atorgar la Medalla Fields el 1994.

Premis

- Medalla de plata (1973) i d'or (1974) en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques.

Jean Christophe Yoccoz



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto Abs.	Puesto Rel.	Premio
1974	Francia	5	6	8	6	7	8	40	1	100,00%	Medalla de oro
1973	Francia	6	0	8	6	6	6	32	7	95,16%	Medalla de plata

- Premi IBM de Matemàtiques (1985).
- Premi Salem (1988).
- Premi Jaffé de l'Acadèmia de Ciències (1991).
- Medalla Fields (1994).

5.7. Kannan Soundararajan

Naixement: 21 de novembre de 1981.
Nacionalitat: Índia.
Conegut per: Teoria de nombres.
Premis destacats: Salem (2003), SASTRA Ramanujan (2005), Ostrowsky Prize (2011).
Anys de participació a les IMO: 1991.
Professió actual: Professor de matemàtiques a la Universitat d'Stanford i director del Centre de Recerca Matemàtica a Stanford.

Biografia

Soundararajan va créixer a Chennai i va ser estudiant de *Padma Seshadri High School* a Nungambakkam, Madras (ara Chennai), Índia. El 1989, va assistir al prestigiós Institut d'Investigació en Ciències. Va representar a l'Índia en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques el 1991 i va guanyar la medalla de plata.

L'any 1991, Soundararajan es va unir a la Universitat de Michigan i quatre anys més tard es va graduar amb alts honors. Aquest mateix any, Soundararajan va guanyar el Premi Morgan pel seu treball en la teoria analítica de nombres, mentre estudiava a la Universitat de Michigan, on més tard va exercir com a professor. El 1995 es va incorporar a la Universitat de Princeton i va fer el seu doctorat sota la direcció del professor Peter Sarnak. Com a estudiant graduat a Princeton, va obtenir una prestigiosa beca d'investigació de la Fundació Sloan.

Després del seu doctorat va rebre els primers cinc anys una beca d'investigació de l'Institut Americà de Matemàtiques i va obtenir càrrecs a la Universitat de Princeton, a l'Institut d'Estudis Avançats i a la Universitat de Michigan. Finalment el 2006 es va traslladar a la Universitat d'Stanford, on actualment és professor de Matemàtiques i director del Centre de Recerca Matemàtica (CRM) a Stanford.

Recerca

El seu principal interès d'investigació és la teoria de nombres: teoria de nombres combinatoris, funcions L i teoria de nombres multiplicatius.
Va demostrar una conjectura de Ron Graham en la teoria de nombres combinatoris conjuntament amb Ramachandran Balasubramanian.
Va fer contribucions importants en la solució de Quantum, l'única conjectura ergòdica.

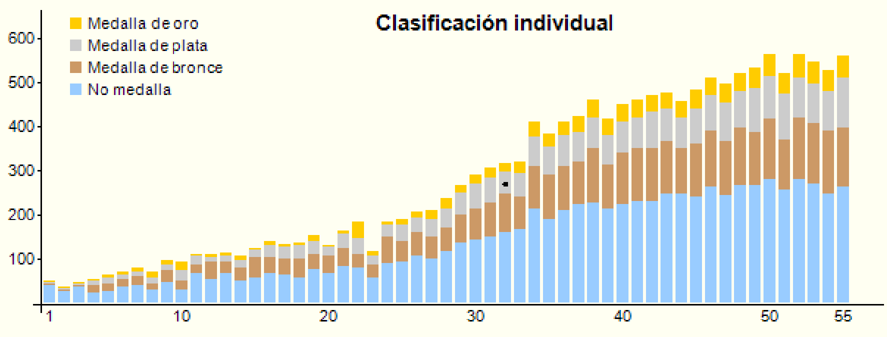
Ha publicat dos llibres:

- "Mass equidistribution for Hecke eigenforms", amb R. Holowinsky.
- "Nonvanishing of quadratic Dirichlet L-functions at s=1/2".

Premis

- Medalla de plata en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1991).

K SOUNDARARAJAN



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1991	India	6	7	5	3	7	7	35	47	85,49%	Medalla de plata

- Premi Salem (amb Elon Lindenstrauss, 2003), per les seves contribucions a l'àrea de Dirichlet L-funcions i sumes de caràcters relacionats.
- Premi SASTRA Ramanujan (amb Manjul Bhargava, 2005) per les seves contribucions a la teoria de nombres.
- Premi Infosys Science Foundation (2011).
- Premi Ostrowsky (amb Ib Madsen i David Preiss, 2011).

5.8. Laurent Lafforgue

Naixement: 6 de novembre de 1966.
Nacionalitat: Francesa.
Conegut per: Teoria de nombres i geometria algebraica.
Premis destacats: Clay Research Award (2000), Medalla Fields (2002).
Anys de participació a les IMO: 1984 i 1985.
Professió actual: Professor de matemàtiques a IHÉS.

Biografia

Laurent Lafforgue va néixer el 6 de novembre de 1966 a Antony, França.

Lafforgue va participar en dues ocasions en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1984 i 1985) i va guanyar una medalla de plata en cadascuna.

El 1986 va entrar a l'Escola Normal Superior de París.

El 1994 va fer la seva tesi sota la direcció de l'equip de Gérard Laumon en l'aritmètica i la geometria algebraica de les matemàtiques del laboratori de la Universitat d'Orsay de París-Sud. Va treballar com a investigador en aquest laboratori i més tard es va convertir en director d'investigació al CNRS.

Des del 2000 és professor de matemàtiques a l'Institut d'alts estudis científics (IHÉS) a Bures-sur-Yvette (França).

El 2002, va rebre amb Vladimir Voevodsky, la Medalla Fields al 24è Congrés Internacional de Matemàtics (Beijing, Xina).

El 18 de novembre de 2003, Laurent Lafforgue es va convertir en membre de l'Acadèmia de Ciències a la secció de Matemàtiques.

El 2004 es va interessar en el sistema educatiu francès i s'uneix al grup *Sauver les lettres* (Salvar les lletres). És coautor amb Alain Connes i altres científics del text *Les savoirs fondamentaux au service de l'avenir scientifique et technique : comment les réenseigner*, on expressen els seus punts de vista sobre l'ensenyament de les matemàtiques i el francès a l'escola primària.
El van anomenar membre del Consell Superior d'Educació o HCE (llavors introduït per la Llei Fillon) pel President de la República, Jacques Chirac, però va renunciar a la petició de ser president del HCE després de la primera reunió de treball del 21 de novembre del 2005.

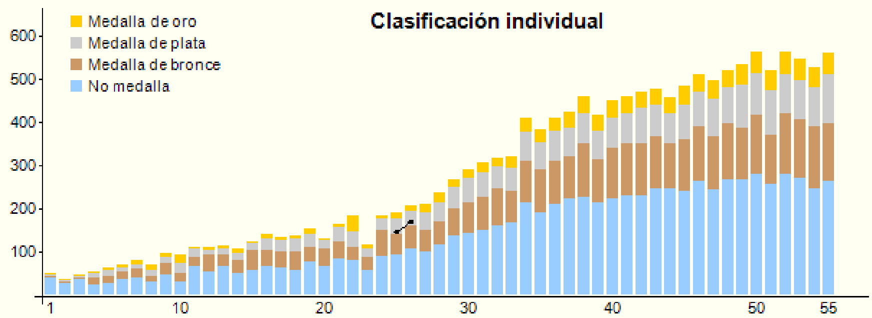
Recerca

Els seus interessos es centren en la teoria de nombres i la geometria algebraica.
Lafforgue ha fet importants contribucions al Programa Langlands en el camp de la teoria de nombres i l'anàlisi. Concretament, va demostrar les conjectures de Langlands per GL_n sobre camps de funcions. Ha arribat a la demostració gràcies a més de sis anys d'esforç. Aquesta contribució en el camp de la teoria de nombres i en la geometria algebraica, demostrant part de les conjectures de Langlands l'han fet guanyar la Medalla Fields.
Recentment ha dedicat part del seu temps a discutir sobre el sistema educatiu francès, prenent una posició crítica davant del que ell anomena "el pedagògicament correcte".
Ha escrit un llibre, amb Liliane Lurçat, titulat *La Débâcle de l'école* (Editions François-Xavier de Guibert, 2007), i ha fet moltes entrevistes i conferències sobre l'educació.

Premis

- Dues medalles de plata a l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1984 i 1985).

LAURENT LAFFORGUE



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1985	Francia	3	7	0	1	7	7	25	38	82,21%	Medalla de plata
1984	Francia	7	7	6	7	0	0	27	44	77,49%	Medalla de plata

- Clay Research Award (2000).
- Medalla Fields (amb Vladimir Voevodsky, 2002).

5.9. Maryam Mirzakhani

Naixement: Maig de 1977.

Nacionalitat: Iraniana.

Coneguda per: Dinàmica i geometria de les superfícies de Riemann i els seus espais modulars.

Premis destacats: Clay Research Award (2014), Medalla Fields (2014).

Anys de participació a les IMO: 1994 i 1995.

Professió actual: Professora de matemàtiques a la Universitat d'Stanford.

Biografia

Mirzakhani va néixer el 1977 a Teheran, Iran.

Va anar a l'escola de secundària anomenada Farzanegan, administrada sota la Organització Nacional per al Desenvolupament de Talents Excepcionals (NODET). Va competir i va ser reconeguda internacionalment per les seves habilitats matemàtiques, rebent medalles d'or en les dues Olimpíades Internacionals de Matemàtiques en les quals va participar (1994 i 1995), on va ser la primera estudiant iraniana que va aconseguir una puntuació perfecta (1995).

El 1999 va obtenir la seva llicenciatura en matemàtiques de la Universitat Tecnològica Sharif a Teheran.

Va viatjar als Estats Units per a estudis de postgrau, obtenint un doctorat de la Universitat de Harvard (2004), on va treballar sota la supervisió d'un guanyador d'una Medalla Fields, Curtis McMullen. El 2004 també va ser membre d'investigació de l'Institut Clay de Matemàtiques i professora a la Universitat de Princeton.

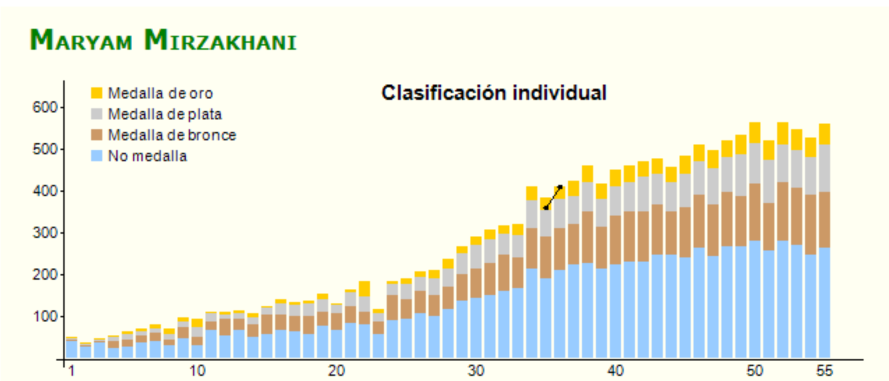
Des de l’1 de setembre de 2008, està exercint com a professora de matemàtiques a la Universitat de Stanford.

Recerca

Els seus temes de recerca inclouen la teoria Teichmüller, la geometria hiperbòlica, la teoria ergòdica i la geometria simplèctica.
Mirzakhani ha fet diverses contribucions a la teoria d'espais modulars de superfícies de Riemann.
El seu treball posterior s'ha centrat en la dinàmica Teichmüller de l’espai de mòduls. En particular, va ser capaç de demostrar una llarga conjectura: el flux dels terratrèmols de William Thurston en un espai de Teichmüller és ergòdica.
Recentment, a partir de 2014, amb Alex Eskin i amb l'aportació d'Amir Mohammadi, Mirzakhani va demostrar que les geodèsiques complexes i els seus tancaments d'espai dels mòduls són sorprenentment regulars, en lloc d'irregulars o fractals.
El 2014 Mirzakhani va rebre la Medalla Fields per les seves contribucions destacades en la dinàmica i la geometria de les superfícies de Riemann i els seus espais modulars. Ha estat la primera dona i la primera iraniana que ha guanyat la Medalla Fields.

Premis

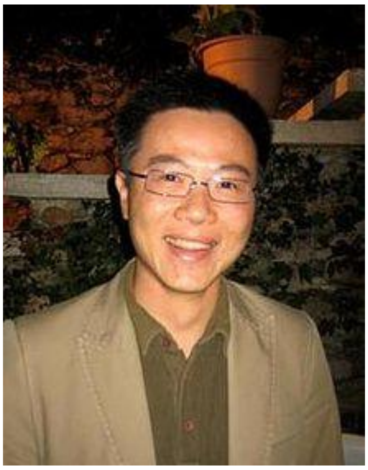
- Dues medalles d’or en l’Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1994 i 1995).



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1995	República Islámica de Irán	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro
1994	República Islámica de Irán	6	7	7	7	7	7	41	23	94,27%	Medalla de oro

- Premi Blumenthal (2009).
- Premi Ruth Lyttle Satter de Matemàtiques (2013).
- Clay Research Award (2014).
- Medalla Fields (2014).

5.10. Ngô Bảo Châu



Naixement: 28 de juny de 1972.
Nacionalitat: Vietnamita i francesa.
Conegut per: Teorema dels grups unitaris.
Premis destacats: Clay Research Award (2004), Medalla Fields (2010).
Anys de participació a les IMO: 1988, 1989.
Professió actual: Professor a la Universitat de Chicago i Director científic de l'Institut de Vietnam.

Biografia

Ngô Bảo Châu va néixer en una família d'intel·lectuals a Hanoi. El seu pare és físic i la seva mare doctora.

Als quinze anys va ser admès a la classe especialitzada de matemàtiques de l'Escola Secundària per a Estudiants Dotats, Universitat de Ciències d'Hanoi. Durant aquest període, Ngô Bảo Châu va participar en la 29a i la 30a Olimpíada Internacional de Matemàtiques, rebent dues medalles d'or i convertint-se en el primer vietnamita capaç de guanyar tals honors.

Va començar a aprendre hongarès per tal d'anar a Budapest després de la secundària, però la caiguda del mur de Berlín el 1989 va desafiar aquest projecte perquè el nou govern hongarès va suspendre les beques atorgades als estudiants vietnamites. Més tard va obtenir una beca del govern francès per estudiar a la Universitat *Pierre-et-Marie-Curie*, a París.

El 1990 va ser admès a *l'École Normale Supérieure* per a estudis de pregrau.

El 1997 va acabar el seu doctorat a la Universitat de París-Sud, sota la supervisió de Gérard Laumon.

L’any següent es va convertir en un membre del CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) i va formar part fins el 2003.

El 2005 va començar a treballar com a professor a la Universitat de París-Sud. Aquest any va rebre el títol de professor a Vietnam, convertint-se en professor més jove del país.

Des del 2007, Châu ha treballat a l'Institut d’Estudis Avançats, a Princeton, Nova Jersey, i també a l'Institut de Matemàtiques de Hanoi.

Es va unir a la facultat de matemàtiques de la Universitat de Chicago l'1 de setembre de 2010.

Des del 2011 està actuant com a director científic de l'Institut de Vietnam per a Estudis Avançats.

El 2012 es va convertir en membre de la Societat Americana de Matemàtiques.

Recerca

Ha demostrat el teorema de la teoria de formes automorfes proposada per Robert Langlands i Diana Shelstad.

Châu es va fer conegut al demostrar, en un treball conjunt amb Gérard Laumon, el teorema dels grups unitaris. Gràcies a aquest treball van guanyar el premi d’investigació de l’Institut Clay (2004).

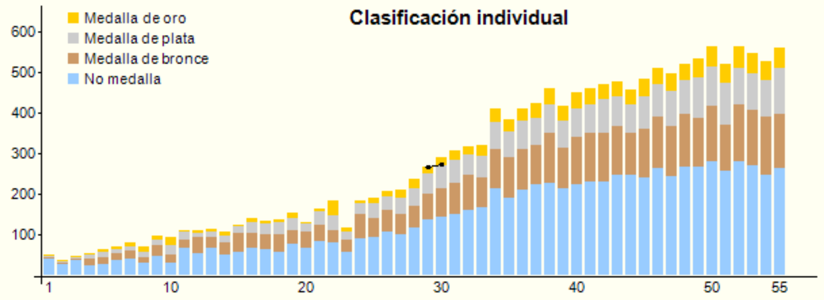
Finalment, el 2008, va tenir èxit en la demostració del teorema d’àlgebres de Lie.

Ha estat el primer vietnamita que ha rebut la Medalla Fields (2010).

Premis

- Dues medalles d’or en l’Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1988 i 1989).

NGÔ BẢO CHÂU



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1989	Vietnam	6	7	7	6	7	7	40	17	94,48%	Medalla de oro
1988	Vietnam	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro

- Clay Research Award (amb Gérard Laumon, 2004).
- Premi *Sophie-Germain* (2007).
- Premi de l'Institut d'Investigació Matemàtica d'Oberwolfach (2007).
- Medalla Fields (2010).
- Cavaller de l'Ordre Nacional de la Legió d'Honor (2012).

5.11. Peter Scholze

Naixement: 11 de desembre de 1987.
Nacionalitat: Alemanya.
Conegut per: *Perfectoid Spaces.*
Premis destacats: SASTRA Ramanujan (2013), Clay Research Award (2014).
Anys de participació a les IMO: 2004, 2005, 2006 i 2007.
Professió actual: Professor a la Universitat de Bonn.

Biografia

Scholze va néixer a Dresden i va créixer a Berlín. Va assistir a l'institut *Heinrich-Hertz.*
Es va presentar quatre vegades a l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (2004, 2005, 2006 i 2007) i va guanyar tres medalles d'or i una de plata.
El 2007 es va graduar en secundària i va anar a estudiar Matemàtiques a la Universitat de Bonn. Va completar la seva llicenciatura en tres semestres, el seu màster en dos semestres i el 2012 va obtenir el seu doctorat sota la supervisió de Michael Rapoport amb una tesi titulada *Perfectoid Spaces.*
Des del juliol de 2011 és membre de l'Institut Clay de Matemàtiques.
En el semestre de l'hivern 2012/2013 va ser anomenat professor d'excel·lència al Centre de Matemàtiques Hausdorff.
Actualment treballa com a professor a la Universitat de Bonn (*Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität*).

Recerca

Els seus interessos es centren en la intersecció de la teoria de nombres i la geometria algebraica.

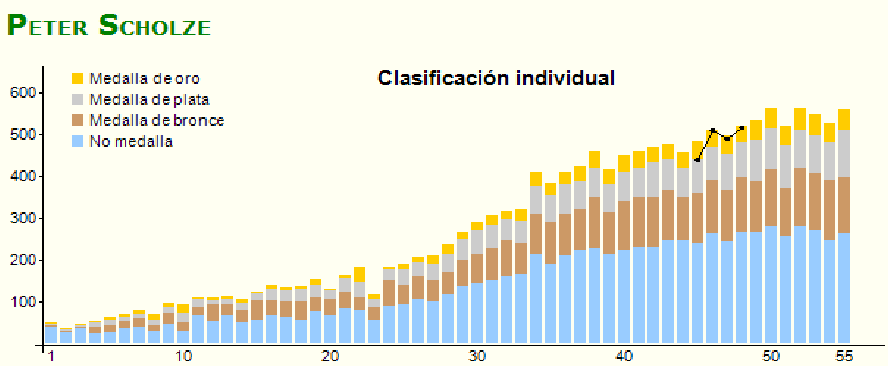
La seva especialitat és la teoria de nombres algebraica i la geometria aritmètica en el context del programa de Langlands.

La seva tesi doctoral explica la teoria dels *Perfectoid Spaces*, que és una idea introduïda per Scholze, i aplicant la seva idea es poden resoldre diversos problemes, per exemple, de les varietats de Shimura, del programa de Langlands o dels espais de Rapoport-Zink.

Ha publicat diversos treballs matemàtics.

Premis

- Una medalla de plata (2004) i tres medalles d'or (2005, 2006 i 2007) a l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques.



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto Abs.	Puesto Rel.	Premio
2007	Alemania	7	7	1	7	7	7	36	2	99,81%	Medalla de oro
2006	Alemania	7	7	0	7	7	7	35	6	98,99%	Medalla de oro
2005	Alemania	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro
2004	Alemania	7	5	1	7	7	4	31	46	90,72%	Medalla de plata

- SASTRA Ramanujan (2013).
- Clay Research Award (2014).

5.12. Stanislav Smirnov

Naixement: 3 de setembre de 1970.
Nacionalitat: Russa.
Conegut per: Teoria de la percolació.
Premis destacats: Salem (2001), Clay Research Award (2001), Medalla Fields (2010).
Anys de participació a les IMO: 1986 i 1987.
Professió actual: Professor d'Anàlisi, Física Matemàtica i Probabilitat a la Universitat de Ginebra.

Biografia

Smirnov va néixer el 3 de setembre de 1970 a Leningrad, URSS (actual Sant Petersburg, Rússia). Va assistir a una escola especialitzada en matemàtiques, el Liceu 239 de Sant Petersburg, fins el 1987, i va finalitzar la seva llicenciatura el 1992 a la Universitat Estatal de Sant Petersburg. Va rebre el seu doctorat el 1996, havent-lo realitzat a l'Institut de Tecnologia de Califòrnia sota la direcció de Nikolai G. Makarov, amb la presentació d'una tesi titulada *Spectral Analysis of Julia Sets* (Anàlisi espectral de Julia Sets).
Smirnov ha ocupat llocs com a investigador a la Universitat de Yale, a l'Institut Max Planck de Matemàtiques de Bonn i a l'Institut d'Estudis Avançats de Princeton. El 1998 es va traslladar a l'Institut Reial de Tecnologia d'Estocolm. El 2003 va iniciar el seu càrrec actual de professor d'Anàlisi, Física Matemàtica i Probabilitat a la Universitat de Ginebra.
El 2010 va rebre la Medalla Fields.

Recerca

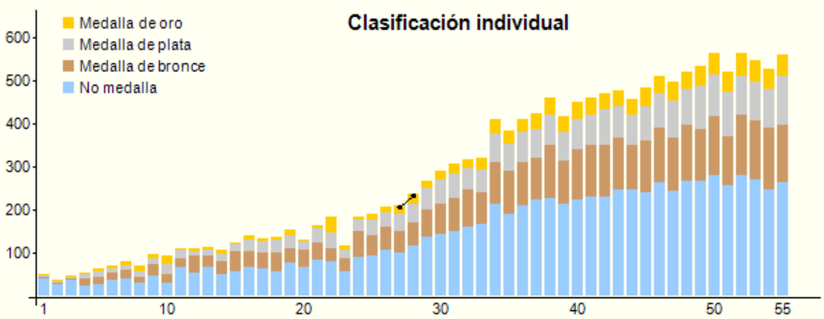
La seva recerca es centra en els camps de l’anàlisi complex, els sistemes dinàmics i la teoria de la probabilitat.

Smirnov és especialment conegut pel seu treball en la teoria de la percolació, en la qual va demostrar la fórmula de Cardy pel valor dels exponents crítics per a xarxes triangulars, mitjançant la utilització de tècniques de invariància conforme. El teorema d’Smirnov ha conduït a una teoria de la percolació de xarxes triangulars bastant completa, havent posat en evidència la seva relació amb la evolució de Schramm-Loewner, introduïda per Oded Schramm. Aquest teorema també ha servit per a demostrar que la invariància conforme és clau per a l'estudi de la percolació en xarxes bidimensionals.

Premis

- Dues medalles d'or en l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques (1986 i 1987).

STANISLAV SMIRNOV



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1987	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro
1986	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas	7	7	7	7	7	7	42	1	100,00%	Medalla de oro

- Premi de la Societat Matemàtica de Sant Petersburg (1997).
- Clay Research Award (2001).
- Premi Salem (amb Oded Schramm, 2001).
- Göran Gustafsson Research Prize (2001).

- Premi Rollo Davidson (2002).
- Premi de la Societat Matemàtica Europea (2004).
- Medalla Fields (2010), gràcies al seu estudi de la física estadística, concretament pels models de xarxa finita.

5.13. Terence Tao

Naixement: 17 de juliol de 1975.
Nacionalitat: Australiana.
Conegut per: Teorema Green-Tao, Conjectura de Kayeya, mapes d'ones.
Premis destacats: Salem (2000), Clay Research Award (2003), Ostrowsky Prize (2005), SASTRA Ramanujan (2006), Medalla Fields (2006).
Anys de participació a les IMO: 1986, 1987 i 1988.
Professió actual: Professor de matemàtiques a la UCLA.

Biografia

Terence Tao va néixer el 17 de juliol de 1975 a Adelaida, Austràlia. El seu pare és pediatra i la seva mare professora de matemàtiques a Secundària.
Des de ben petit ja va mostrar una gran aptitud cap a les matemàtiques. Era un nen prodigi i la seva gran capacitat era un problema perquè molts dels seus professors no estaven capacitats per formar a un alumne d'aquelles característiques. Per això, Tao va començar a assistir a l'institut amb set anys. Anava dos dies a la setmana a estudiar matemàtiques i física i la resta de la setmana estava a la seva escola de primària. Als vuit anys va realitzar una prova que estudia els talents excepcionals, era un test amb 60 preguntes i Tao les va realitzar totes correctament, cosa que un nen tan jove mai havia aconseguit. Segons [6], "Tao havia demostrat un talent especial per aprendre matemàtiques de forma autònoma convencent als seus pares que les classes de matemàtiques a l'escola

eren totalment inútils”, d’aquesta manera el curs següent va entrar a *Blackwood High School* per assistir a classes de Geografia en la classe dels nens de deu anys, de Química en la dels d'11 anys i de Física en la dels de dotze anys. També seguia amb els seus estudis d'estructures algebraiques, d'anàlisi, etc. Va fer la seva primera publicació matemàtica als deu anys.

Els següents tres anys es va presentar a l’Olimpíada Internacional de Matemàtiques, on va ser el participant més jove de tota la història de les Olimpíades.

El 1989, després de la Secundària, va anar a la Universitat de Flinders, el 1991 es va graduar i el 1992 va obtenir el seu màster. La universitat li va atorgar la Medalla Universitària pels seus estudis.

Quan va acabar els seus estudis universitaris va obtenir una beca de *Australian-American Fulbright Comission* per a cursar els seus estudis de postgrau a Princeton. Als 20 anys ja tenia el doctorat. Aquell mateix any va entrar a la Universitat de Califòrnia de Los Angeles (UCLA). Amb 24 anys va ser ascendit a professor titular.

El 2007 va començar a ser membre de la *Royal Society*.

Recerca

La seva recerca es centra en l'anàlisi harmònic, les equacions derivades parcials, la combinatòria, la teoria de la representació i la teoria analítica de nombres.

Ha fet moltes aportacions al món de les matemàtiques, ha aportat grans resultats a varies conjectures, una d'elles és la conjectura de Kayeya.

També ha aportat una comprensió a una equació no lineal del tipus Schröringer i ha demostrat la existència de solucions per a aquesta equació.

Ha fet una demostració, en el camp de la teoria de la representació, de la conjectura de saturació dels coeficients de Littlewood-Richardson.

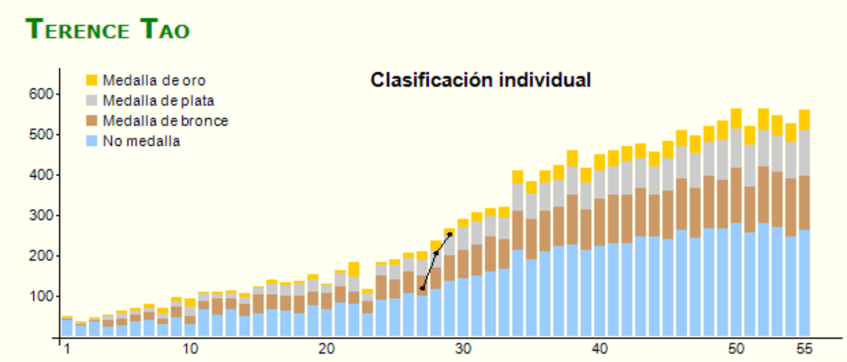
També ha treballat en els *mapes d'ones*.

Amb Ben Green han publicat el teorema de Green-Tao, que afirma que existeixen infinites progressions aritmètiques de nombres primers arbitràriament llargues.

A part de totes aquestes aportacions a les matemàtiques, ha publicat diversos llibres i molts articles.

Recerca

- Medalla de bronze (1986), de plata (1987) i d'or (1988) a l'Olimpíada Internacional de Matemàtiques.



Año	País	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Total	Puesto		Premio
									Abs.	Rel.	
1988	Australia	7	5	7	7	7	1	34	13	95,51%	Medalla de oro
1987	Australia	7	7	7	7	7	5	40	28	88,56%	Medalla de plata
1986	Australia	7	7	3	1	0	1	19	87	58,85%	Medalla de bronce

- Salem (2000).
- Bôcher Memorial Prize (2002).
- Clay Research Award (2003).
- Medalla de la Societat Australiana Matemàtica (2005).
- Ostrowsky Prize (2005).
- Levi L.Conant Prize (2005).
- SASTRA Ramanujan (2006)
- Medalla Fields (2006).
- Alan T. Waterman Award (2008).
- Medalla Onsager (2008).

- Premi Internacional King Faisal (2010).
- Premi Nemmers de Matemàtiques (2010).
- Premi Polya (2010).
- Premi Crafoord (2012).
- Premi Breakthrough de Matemàtiques (2014).
- Medalla Royal (2014).

És l'únic matemàtic que ha aconseguit els cinc premis matemàtics més importants (Medalla Fields, Sastra Ramanujan, Salem, Clay Research Award i Ostrowsky Prize).

6. Selecció de problemes de les IMO

ANY	PAÍS ORGANITZADOR	OLIMPÍADA	Nº PROBLEMA	MATEMÀTIC(S)	PUNTS
1962	Txecoslovàquia	4a	2	-	-
1962	Txecoslovàquia	4a	4	-	-
1973	URSS	15a	3	Jean-Christophe Yoccoz	8 punts
1973	URSS	15a	4	Jean-Christophe Yoccoz	6 punts
1974	República Democràtica Alemanya	16a	1	Jean-Christophe Yoccoz	5 punts
1977	Iugoslàvia	19a	5	-	-
1982	Hongria	23a	4	Grigori Perelman	7 punts
1988	Austràlia	29a	6	Terence Tao	1 punt
1988	Austràlia	29a	6	Elon Lindenstrauss	1 punt
1988	Austràlia	29a	6	Ngô Bảo Châu	7 punts
1995	Canadà	36a	2	Artur Ávila	7 punts
1995	Canadà	36a	2	Ben Green	3 punts
1995	Canadà	36a	2	Maryam Mirzakhani	7 punts
2004	Grècia	45a	2	Peter Scholze	5 punts

QUARTA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1962

1962/2

Enunciat [8]

Determineu tots els nombres reals *x* que compleixen la desigualtat:

$$\sqrt{3-x}-\sqrt{x+1}>\frac{1}{2}$$

Solució

Per tal que les arrels quadrades de la inequació puguin ser possibles s'ha de verificar que: $x \leq 3$ i $x \geq -1$

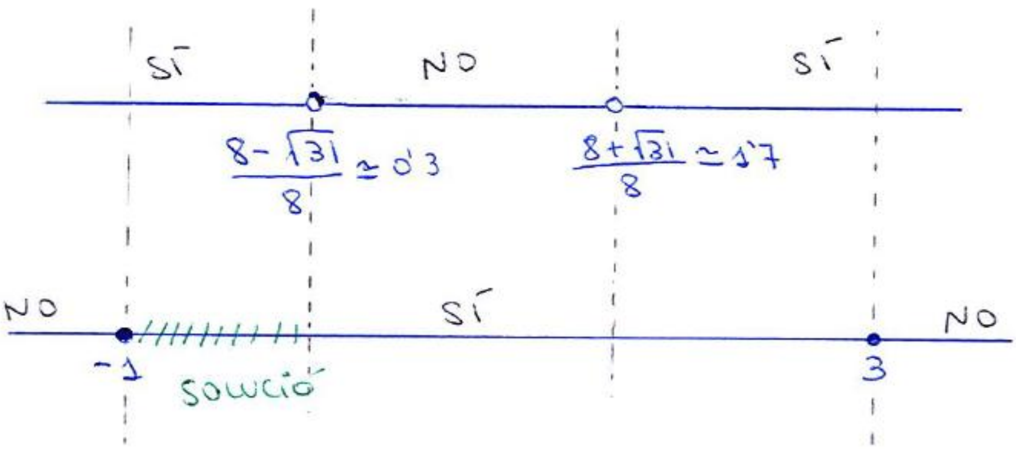
Resolem la inequació:

$\sqrt{3-x}-\sqrt{x+1}>\frac{1}{2} \Rightarrow$ elevem al quadrat, per tant, podem estar introduint solucions de la inequació que no ho són. $3-x-2\sqrt{3-x}-\sqrt{x-1}+x+1>\frac{1}{4} \Rightarrow -2\sqrt{3-x}\sqrt{x+1}>\frac{-15}{4} \Rightarrow$ multipliquem per -1 per canviar el signe, per tant, la desigualtat també canvia $2\sqrt{3-x}\sqrt{x+1}<\frac{15}{4} \Rightarrow$ es torna a elevar al quadrat i passa el mateix que abans, és possible que introduïm solucions d'aquesta inequació que no ho són. $4(3-x)(x+1)<\frac{225}{16} \Rightarrow$ operem

$$-4x^2+8x-\frac{33}{16}<0$$

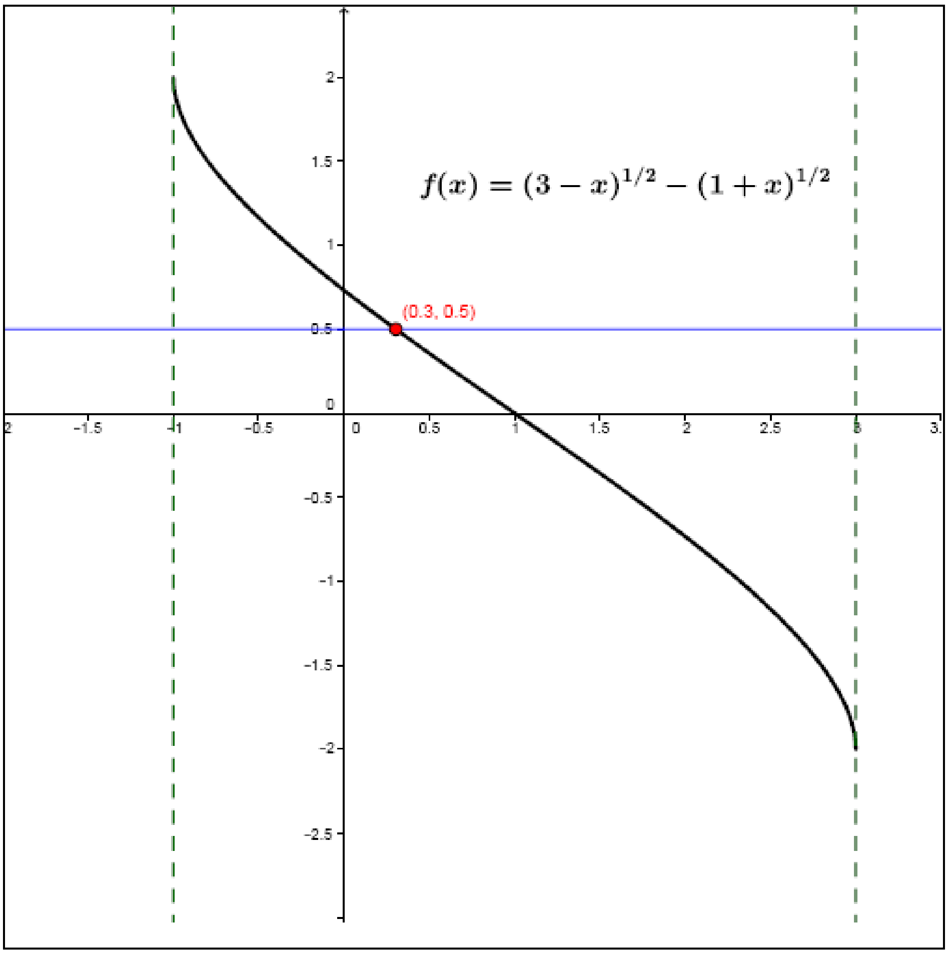
Resolem l'equació de segon grau $-4x^2+8x-\frac{33}{16}=0$ i els dos resultats que obtenim són $x_1=\frac{8-\sqrt{31}}{8}$ i $x_2=\frac{8+\sqrt{31}}{8}$.

A partir dels intervals següents deduïm que la solució és $-1 \leq x < \frac{8-\sqrt{31}}{8}$.



Els valors $x \in \left[\frac{8+\sqrt{31}}{8}, 3\right]$ no verifiquen el problema original. Per a tots ells, l'expressió $\sqrt{3-x}-\sqrt{x+1}$ és negativa.

El gràfic següent, fet amb Geogebra, correspon a la funció $f(x)=\sqrt{3-x}-\sqrt{x+1}$ i il·lustra el resultat que hem trobat.


$f(x) = (3-x)^{1/2} - (1+x)^{1/2}$
(0.3, 0.5)

QUARTA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1962

1962/4

Enunciat [8]

Resoleu l'equació $\cos^2 x + \cos^2 2x + \cos^2 3x = 1$.

Solució

En primer lloc, expressem $\cos^2 x$ i $\cos^2 3x$ en $\cos 2x$ i $\cos 6x$ gràcies a la fórmula trigonomètrica de l'angle meitat:

$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \pm\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} \Rightarrow \cos(x) = \pm\sqrt{\frac{1+\cos(2x)}{2}}$ elevem al quadrat $\cos^2 x = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 2x$. El mateix passa amb $\cos^2 3x$ que simplificat queda així $\cos^2 3x = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 6x$.

Substituïm aquestes expressions a l'enunciat $\Rightarrow \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 2x + \cos^2 2x + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos 6x - 1 = 0$ i multipliquem l'equació per 2 $\Rightarrow \cos 2x + 2\cos^2 2x + \cos 6x = 0$.

L'objectiu és transformar les sumes de l'equació en productes. Primer apliquem aquesta fórmula trigonomètrica als valors $\cos 2x$ i $\cos 6x$:

$$\cos A + \cos B = 2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right) \Rightarrow \cos 6x + \cos 2x = 2\cos 4x \cos 2x$$

A partir d'aquest resultat, substituint-lo a l'equació $\cos 2x + 2\cos^2 2x + \cos 6x = 0$, operant i traient factor comú obtenim: $\cos 2x(\cos 4x + \cos 2x) = 0$.

Finalment, transformem $\cos 4x + \cos 2x$ en un producte utilitzant la fórmula anterior i tenim: $\cos 4x + \cos 2x = 2\cos 3x \cos x$.

L'equació final és $\cos 2x(2\cos 3x \cos x) = 0$.

I els resultats són: $\cos x = 0 \Rightarrow \begin{matrix} 90^{o} + 360^{o} K \\ 270^{o} + 360^{o} K \end{matrix} \Rightarrow x = 90^{o} + 180^{o} K$.

$\cos 2x = 0 \Rightarrow 2x = 90^{o} + 180^{o} K \Rightarrow x = 45^{o} + 90^{o} K$.

$\cos 3x = 0 \Rightarrow 3x = 90^{o} + 180^{o} K \Rightarrow x = 30^{o} + 60^{o} K$.

QUINZENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1973

1973/3

Enunciat [9]

Siguin *a* i *b* dos nombres reals tals que l'equació $x^4 + ax^3 + bx^2 + ax + 1 = 0$ té, almenys, una solució real. Entre tots aquests parells (a,b) trobar el mínim valor de $a^2 + b^2$.

Solució

Considerem l'equació $y = x + \frac{1}{x}$ on $y \in \Re$. El canvi és coherent perquè *x=0* no és una solució de l'equació. Aquesta equació és equivalent a $x^2 - yx + 1 = 0$, equació de segon grau en *x* que té solucions reals si i només si el seu discriminant $y^2 - 4 \geq 0 \Rightarrow y^2 \geq 4 \Rightarrow y \geq 2$ o $y \leq -2$, és a dir, $|y| \geq 2$.

Per resoldre l'equació original, la dividim per x^2, per tal de transformar una equació de grau 4 en una equació de segon grau (ho podem fer ja que *x* no pot ser 0) i obtenim $x^2 + ax + b + a\frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} = 0 \Rightarrow a\left(x + \frac{1}{x}\right) + b + x^2 + \frac{1}{x^2} = 0 \Rightarrow$ Tenint en compte que $y = x + \frac{1}{x}$ i que, per tant, $y^2 = \left(x + \frac{1}{x}\right)^2 = x^2 + 2x\frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} = x^2 + \frac{1}{x^2} + 2$. La podem reescriure com: $ay + b + y^2 - 2 = 0 \Rightarrow y^2 + ay + b - 2 = 0$.

Equació de segon grau en *y* → $y = \dfrac{-a \pm \sqrt{a^2 - 4(b-2)}}{2}$

$$\Downarrow$$

$$y=\frac{a\pm\sqrt{a^2-4(b-2)}}{-2}$$

$$\Downarrow$$

$$\left|\frac{a\pm\sqrt{a^2-4(b-2)}}{-2}\right|\geq 2$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{\left(a\pm\sqrt{a^2-4(b-2)}\right)^2}{4}\geq 4$$

$$\Downarrow$$

$$a^2\pm 2a\sqrt{a^2-4(b-2)}+a^2-4(b-2)\geq 16$$

$$\Downarrow$$

$$2a^2\pm 2a\sqrt{a^2-4(b-2)}-4b+8\geq 16$$

$$\Downarrow$$

$$a^2\pm a\sqrt{a^2-4(b-2)}-2b\geq 4$$

$$\Downarrow$$

$$\pm a\sqrt{a^2-4(b-2)}\geq 4+2b-a^2$$

$\Downarrow$ Elevem al quadrat

$$a^2\left(a^2-4(b-2)\right)\geq 16+4b^2+16b-8a^2-4ba^2+a^4$$

$$\Downarrow$$

$$16a^2\geq 16+4b^2+16b$$

$\Downarrow$ Hem arribat a trobar una expressió on només intervenen a i b, que una vegada manipulada ens permet avaluar el valor de a^2+b^2

$$4a^2\geq 4+b^2+4b$$

$\Downarrow$ Sumem $4b^2$ a cada membre

$$4a^2+4b^2\geq 5b^2+4b+4$$

$$\Downarrow$$

$$a^2+b^2\geq\frac{5}{4}b^2+b+1$$

$\Downarrow$ Com que $\frac{5}{4}\left(b+\frac{2}{5}\right)^2=\frac{5}{4}b^2+b+\frac{1}{5}$

$$a^2+b^2 \geq \frac{5}{4}b^2+b+\frac{1}{5}+\frac{4}{5}$$

$$\Downarrow$$

$$a^2+b^2 \geq \frac{5}{4}\left(b+\frac{2}{5}\right)^2+\frac{4}{5}$$ aquest valor serà mínim si $b=\frac{-2}{5}$ perquè valdrà $\frac{4}{5}$

$$\Downarrow$$

$$a^2+b^2 \geq \frac{4}{5}$$

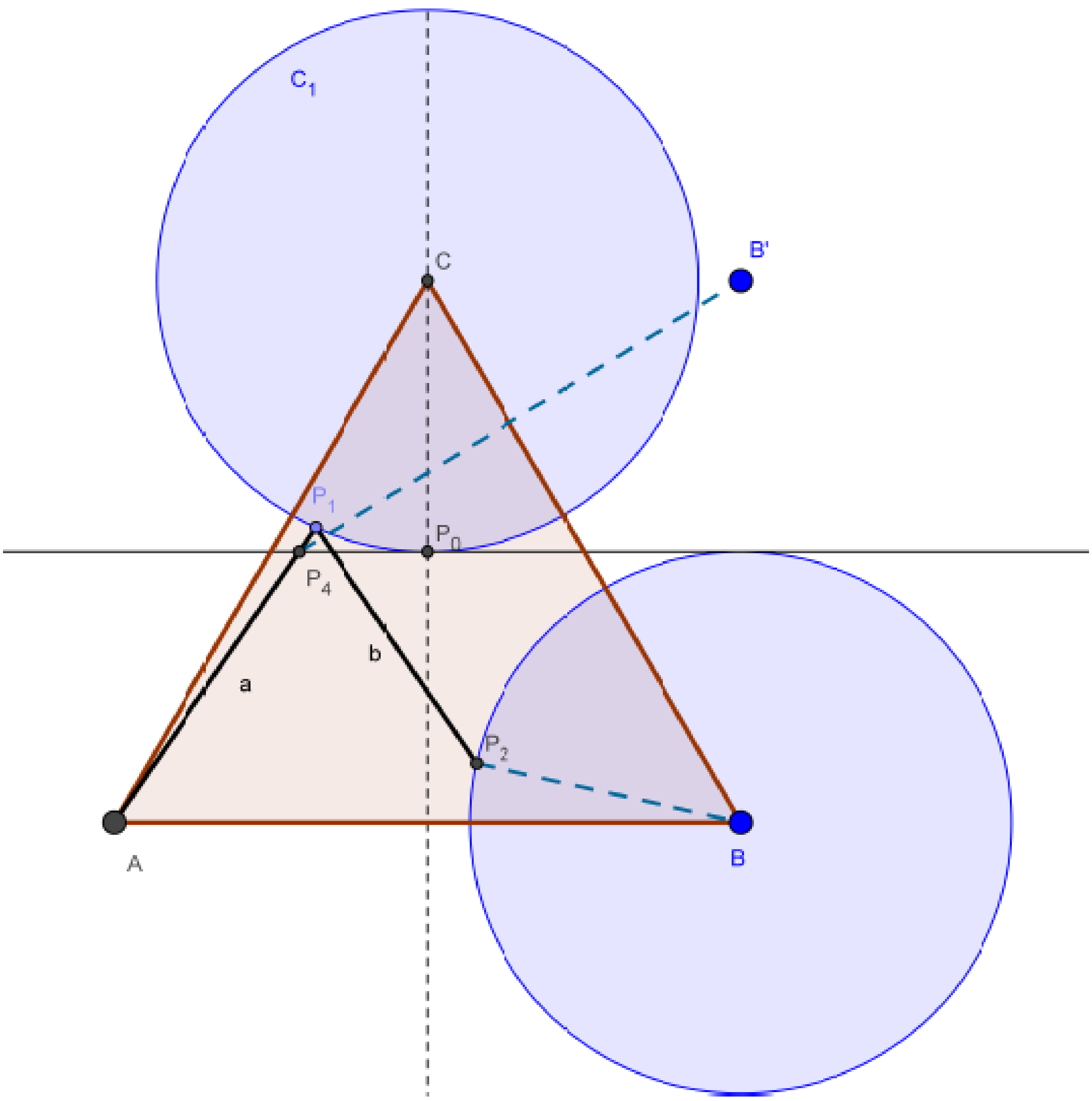
QUINZENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1973

1973/4

Enunciat [9]

Un soldat ha de rastrejar la presència de mines en una regió que té la forma d'un triangle equilàter. El radi d'acció del seu detector és igual a la meitat de l'altura del triangle. El soldat surt d'un dels vèrtexs del triangle. Quin recorregut ha de realitzar per tal de caminar la menor distància possible i realitzar, però, la seva feina?

Solució



En la figura anterior, el camí AP_1P_2B tindrà longitud mínima quan P_1, P_2 i B estiguin alineats, perquè la distància mínima entre dos punts del pla és la línia recta.

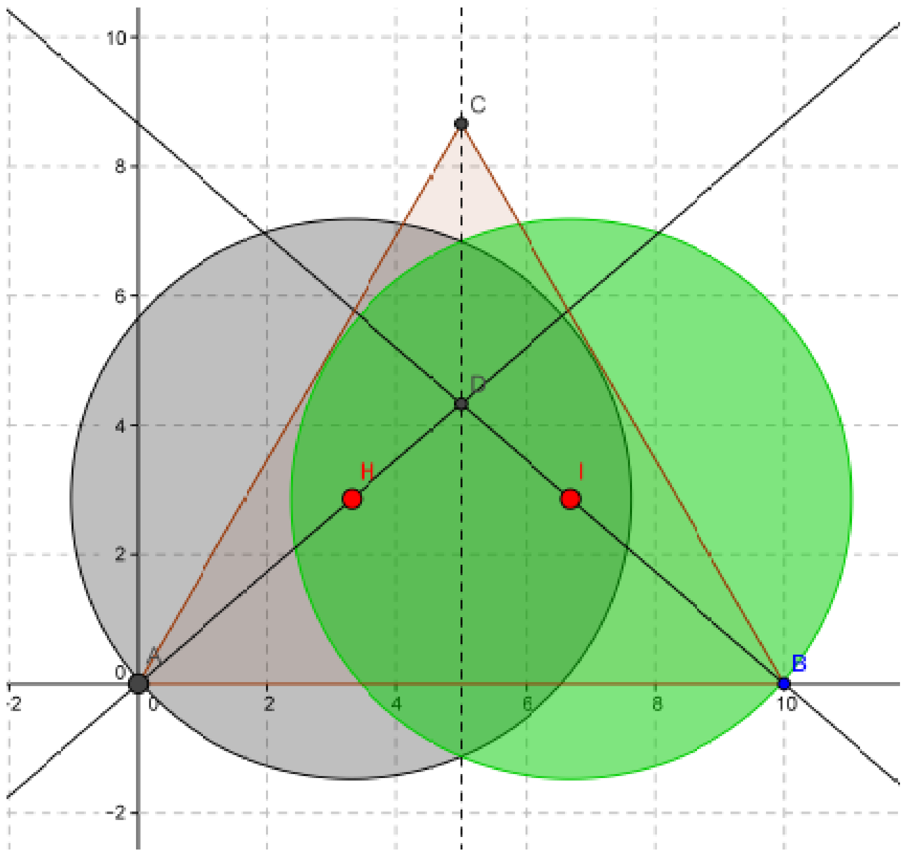
Com que la distància P_2B és constant, aquesta longitud mínima també farà que AP_1P_2B sigui mínima.

Però on s'ha de situar P_1 per assolir aquest valor mínim?

En la figura observem que $P_4B \leq P_4P_1 + P_1B \Rightarrow AP_4B \leq AP_1B$ això demostra que el camí més curt que connecta A amb B, passant per un punt de la tangent, és igual o més curt que el camí més curt que connecta A amb B passant per un punt P_1 de la circumferència C_1.

Pel principi de reflexió aquest punt haurà de ser P_0 perquè és el mateix minimitzar la distància AP_4B que minimitzar AP_4B' sent simètric de B respecte de la tangent a C_1 que passa per P_0.

La figura següent, feta amb Geogebra, demostra que recorrent aquest camí abastem tota la superfície del triangle.



SETZENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1974

1974/1

Enunciat [9]

Tres jugadors A, B i C juguen al següent joc: es trien tres cartes i, a cada una d'elles, s'hi escriu un nombre enter. Aquests tres nombres, *p*, *q*, *r* compleixen 0 < *p* < *q* < *r*. Es barregen les tres cartes i es dóna una a cada jugador. Cada un d'ells rep el nombre de fitxes que indica la carta rebuda. Es barregen les cartes una altra vegada; cada jugador conserva les seves fitxes.

El procés (barrejar, repartir i entregar les fitxes) es repeteix almenys dues rondes. Després de la darrera ronda, A té 20 fitxes en total, B té 10 i C té 9. A l'última ronda B rep *r* fitxes. Qui rep *q* fitxes a la primera ronda?

Solució

Com que han jugat més de dues rondes, llavors el número de rondes ha de ser $N \geq 2$.

$N(p+q+r)=39$, perquè el nombre total de fitxes és la suma de cada nombre enter per les rondes jugades.

Com que $0<p<q<r$ sabem que el valor mínim de *p* és 1, de *q* és 2 i de *r* és 3, per tant $p+q+r \geq 6$.

Descomponem 39 en factors primers $39=13\cdot 3$ i deduïm que $N=3$ i que $p+q+r=\dfrac{39}{N} \Rightarrow p+q+r=13$. N no pot ser 13 perquè $13\cdot 6=78$ sobrepassa el valor de les fitxes totals, on 6 és el valor de mínim de la suma de *p*, *q*, *r*.

Per ordenar la informació fem una taula:

Joc	A	B	C	Total
1	a_1	b_1	c_1	13
2	a_2	b_2	c_2	13
3	a_3	b_3	r	13
Total	20	10	9	39

La suma dels números de la columna A és com a màxim $2r+q$, per tant $2r+q \geq 20$.

A partir de $p+q+r=13$ substituïm $q=13-p-r$ en la desigualtat anterior, ja que ens interessa que aparegui *p* perquè sabem que $p \geq 1$, i obtenim $2r+(13-p-r) \geq 20 \Rightarrow r-p \geq 7$. Com que $1 \leq p \leq 3 \Rightarrow r-1 \geq 7 \Rightarrow r \geq 8$.

D'altra banda, la suma dels números de la segona columna és com a mínim $r+2p$ perquè sabem que B ha rebut *r* fitxes a l'última ronda i *p* és el valor més petit dels tres nombres enters. A partir d'aquí obtenim $r+2p \leq 10$ i com que $p \geq 1 \Rightarrow r+2 \leq 10 \Rightarrow r \leq 8$. Per tant, $r=8$ i a partir de qualsevol de les dues desigualtats concloem que $p=1$.

Finalment, substituïm els valors de *p* i de *r* a $p+q+r=13$ i obtenim que $1+q+8=13 \Rightarrow q=4$.

Substituïm els valors a la taula i ja tenim la solució:

Joc	A	B	C	Total
1	8	1	4	13
2	8	1	4	13
3	4	8	1	13
Total	20	10	9	39

Contestant a la pregunta de l'enunciat, C ha rebut 4 (q) fitxes a la primera ronda.

DINOVENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1977

1977/5

Enunciat [9]

Siguin *a* i *b* dos nombres enters positius. Quan a^2+b^2 es divideix per $a+b$, el quocient és *q*, i el residu és *r*. Trobar tots els parells (a,b) tals que $q^2+r=1977$.

Solució

Gràcies a la informació que ens han donat, sabem que:

$q^2+r=1997 \Rightarrow r=1977-q^2 \Rightarrow q \leq \sqrt{1997}$, ja que $r \geq 0$, $\Rightarrow 0<q\leq 44$

$a^2+b^2=q(a+b)+r$ sabent que $0\leq r<a+b$

Això implica que:

$q^2+r<q^2+a+b$ perquè com hem dit abans $a+b>r$.

$a^2+b^2<(q+1)(a+b)$. Aquesta desigualtat s'explica a partir de la informació principal $a^2+b^2=q(a+b)+r$, com que sabem que $a+b>r$, ho substituïm a la igualtat i queda així: $a^2+b^2<q(a+b)+(a+b)$, traiem factor comú i arribem a la següent conclusió: $a^2+b^2<(q+1)(a+b)$.

$2ab<(q+1)(a+b)$. L'explicació és senzilla: deduïm que $2ab\leq a^2+b^2$ sabent que $(a-b)^2\geq 0 \Rightarrow a^2-2ab+b^2\geq 0 \Rightarrow a^2+b^2\geq 0$. Aleshores, $a^2+b^2<(q+1)(a+b)$ es transforma en $2ab<(q+1)(a+b)$.

El següent pas és sumar les dos desigualtats:

$$a^2 + b^2 < (q+1)(a+b)$$
$$2ab \quad < (q+1)(a+b)$$

El resultat d'aquesta suma és $a^2 + b^2 + 2ab$ (producte notable) $< 2(q+1)(a+b)$. Ho dividim per $a+b$ i queda així $a+b < 2q+2$. Com és un problema de teoria de nombres i treballem amb nombres enters positius, se li resta una unitat a cada nombre i la desigualtat és aquesta: $a+b \le 2q+1$. Substituïm $a+b$ en $q^2 \le 1977 = q^2 + r < q^2 + a + b$ per $2q+1$: $q^2 \le 1977 = q^2 + r < q^2 + 2q + 1 = (q+1)^2$. Calculem l'arrel quadrada de 1977, que aproximadament dóna 44'46. $q \le \sqrt{1977}$, per tant, l'únic nombre enter *q* que compleix les desigualtats és 44, ja que $44^2 = 1936$. I segons l'enunciat $q^2 + r = 1977$ obtenim que $r = 41$.

Substituïm els valors trobats en

$$a^2 + b^2 = q(a+b) + r$$
$$\Downarrow$$
$$a^2 + b^2 = 44(a+b) + 41$$
$$\Downarrow$$
$$a^2 + b^2 = 44a + 44b + 41$$
$$\Downarrow \text{ Completem quadrats}$$
$$a^2 - 44a + b^2 - 44b = 41$$
$$\Downarrow$$
$$a^2 - 44a + 22^2 + b^2 - 44b + 22^2 = 41 + 22^2 + 22^2, \text{ on } 22^2 \text{ s'ha afegit}$$
$$\Downarrow$$
$$(a-22)^2 + (b-22)^2 = 41 + 22^2 + 22^2 \Rightarrow (a-22)^2 + (b-22)^2 = 1009$$

Fem una llista de tots els quadrats fins a 505 i de les seves diferències fins a 1009 (recordant que un quadrat acaba en 0, 1, 4, 9, 6, 5). Aquesta llista acaba en 505, perquè suposant que $(a-22)^2 = (b-22)^2 = 505$, cada producte notable val 505, la suma donaria 1010, la qual ja passa de 1009.

A partir de la llista arribem a que la única representació de 1009 com la suma de dos quadrats és $(15)^2 + (28)^2 = 1009$. Per tant, $(a-22)^2$ ha de ser 15 o 28 i $(b-22)^2$ també ha de ser 15 o 28.

Concloem que $(a,b) \in$ {(50, 37), (37, 50), (50, 7) o (7, 50)}.

VINT-I-TRESENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1982

1982/4

Enunciat

Demostreu que *n* és un nombre enter positiu tal que l'equació $x^3 - 3xy^2 + y^3 = n$ té per solució en enters (x, y), llavors té almenys tres d'aquestes solucions. Demostreu que l'equació no té solucions en enters quan $n = 2891$.

Solució

Suposem que l'equació $x^3 - 3xy^2 + y^3 = n$ té per solució en enters (x, y).

Com que $(y-x)^3 = y^3 - 3y^2x + 3yx^2 - x^3$ podem escriure que $(y-x)^3 - 3yx^2 + 2x^3 = x^3 - 3xy^2 + y^3$, aleshores l'equació original s'escriu:

$(y-x)^3 - 3yx^2 + 2x^3 = n$

$\Downarrow$ Podem fer el canvi de variable $y = x + K$ sense pèrdua de generalitat i obtenim

$K^3 - 3(x+K)x^2 + 2x^3 = n$

$\Downarrow$

$K^3 - 3Kx^2 - x^3 = n,$ que comparant-ho amb l'equació original a solucionar ens indica que $(K, -x)$ també és solució del problema original

Si apliquem novament la transformació original fent $-x = K + K'$ ens portarà que la parella $(K', -K)$ és solució. Però aquesta parella és en realitat $(-x-K, -K)$.

Per tant, hem demostrat que si (x, y) és solució $(K, -x)$ i $(-x-K, -K)$ també ho són i són diferents entre elles. És fàcil comprovar-ho:

1- Si $(x,y)=(K,-x)\Rightarrow x=K$

$$y=-x=K+x=2x\Rightarrow 3x=0\Rightarrow x=0\Rightarrow y=0$$

(Absurd), perquè n és un enterpositiu

2- Si $(x,y)=(-x-K,-K)\Rightarrow x=-x-K$ $\quad 2x=-K$

$\Rightarrow$

$$y=-K=x+K \qquad x=-2K$$

$\Rightarrow 2(-2K)=\text{-K}\Rightarrow \text{K}=0\Rightarrow \text{x}=0\Rightarrow \text{y}=0$ (Absurd)

3- Si $(K,-x)=(-x-K,-K)\Rightarrow K=-x-K\Rightarrow x=-2K$

$$-x=-K\Rightarrow x=K$$

$\Rightarrow x=0\Rightarrow K=0\Rightarrow y=0$ (Absurd)

Queda demostrat que si l'equació té una solució, té com a mínim tres solucions.

Suposem que $n=2891=7^2\cdot 59\Rightarrow x^3-3xy^2+y^3=\dot{7}$, que significa múltiplede 7.

Suposem que $x=7q+a$, on $0\le a\le 6$ i que $y=7q'+b$, on $0\le b\le 6\Rightarrow$ l'equació es transforma en

$$(7q+a)^3-3(7q+a)(7q'+b)^2+(7q'+b)^3=\dot{7}+a^3-3ab^2+b^3=\dot{7}$$

Si calculem tots els valors possibles de $a^3-3ab^2+b^3$ en aquestes condicions només serà $\dot{7}$ si $a=0$ i $b=0\Rightarrow x$ és múltiple de 7 i y és múltiple de 7 $\Rightarrow x^3-3xy^2+y^3$ ha de ser múltiple de 7^3, la qual cosa és impossible si $n=7^2\cdot 59$.

VINT-I-NOVENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1988

1988/6

Enunciat

Siguin *a* i *b* nombres enters positius tal que $ab+1$ divideix a a^2+b^2.

Demostra que $\dfrac{a^2+b^2}{ab+1}$ és un quadrat perfecte.

Solució

Una característica d'aquest problema és que és un problema simètric, és a dir, no importa l'ordre de les variables.

Resoldrem aquest problema a través de la reducció a l'absurd.

Sigui $K=\dfrac{a^2+b^2}{ab+1}$. Aquest problema admet les solucions trivials $a=0$, $b=0$ i $(a,0)$ o $(0,b)$ però no verifiquen la condició de ser enters positius.

Suposem que K no és un quadrat perfecte i suposem que la parella (A, B) és la que minimitza la suma $a+b$ d'entre totes les parelles que verifiquen la igualtat. Podem suposar, sense pèrdua de generalitat en el raonament, que $A \geq B > 0$.

Considerem ara l'equació $\dfrac{x^2+B^2}{xB+1}=K$ que és equivalent a $x^2-KBx+B^2-K=0$ [1], equació de segon grau en *x* de la qual una solució és $x_1=A$. Sabem que les solucions (x_1 , x_2) d'una equació de segon grau del tipus $ax^2+bx+c=0$ verifiquen que:

$$x_1+x_2=\frac{-b}{a}$$

$$x_1\cdot x_2=\frac{+c}{a}$$

conegudes com a relacions de Cardano-Vieta.
Si ho apliquem a [1] obtenim:

$$x_2 + A = \frac{KB}{1} \Rightarrow x_2 = KB - A$$

$$A \cdot x_2 = B^2 - K \Rightarrow x_2 = \frac{B^2 - K}{A}$$

La primera implica que x_2 és enter i la segona que $x_2 \neq 0$ (d'altra forma $K = B^2$ i contradiria la nostra hipòtesi inicial, que era que *K* no és un quadrat perfecte). x_2 tampoc pot ser negatiu perquè si ho fos tindríem que $x_2^2 - KBx_2 + B^2 - K \geq x_2^2 + K + B^2 - K = x_2^2 + B^2 > 0$ que contradiu el fet que x_2 sigui solució.
Per tant, $(x_2\ , B)$ amb $x_2 \geq 0$ és solució del problema original.
Ara bé, com que $A \geq B$ tenim que:

$$x_2 = \frac{B^2 - K}{A} \leq \frac{A^2 - K}{A} = A - \frac{K}{A} < A$$

Per tant, $x_2 + B < A + B$ fet que contradiu que $A + B$ minimitzava la suma $a + b$. Per tant, *K* ha de ser un quadrat perfecte.

Aquest problema es pot considerar històric, ja que en [7], Arthur Engel escriure la següent nota sobre la seva dificultat:

"Cap dels sis membres del comitè de problemes australià el podia resoldre. Dos membres d'aquest comitè eren Georges Szekeres i la seva dona, tots dos coneguts per ser capaços de crear problemes
i resoldre'ls. Aquest problema de teoria de nombres va ser enviat als quatre australians més reconeguts especialitzats en la teoria de nombres. Se'ls hi va demanar que treballessin en ell durant sis hores. Cap d'ells el va poder resoldre en sis hores. El comitè de problemes el va presentar al jurat de la XXIX IMO marcat amb un doble asterisc,

cosa que significava que era un problema “superdur”, possiblement massa difícil de plantejar. Després d'una llarga discussió, finalment el jurat va tenir el coratge d'escollir-lo com l'últim problema de la competició. Onze estudiants van aconseguir solucions perfectes.”

TRENTA-SISENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 1995

1995/2

Enunciat

Siguin *a*, *b* i *c* nombres reals positius tal que $abc=1$. Demostreu que

$$\frac{1}{a^3(b+c)}+\frac{1}{b^3(c+a)}+\frac{1}{c^3(a+b)}\ge\frac{3}{2}$$

Solució

Consideracions:

[1]
$$\frac{1}{a^3(b+c)}+\frac{1}{b^3(c+a)}+\frac{1}{c^3(a+b)}\underset{\substack{\uparrow\\ \text{Si } x=\frac{1}{a},\ y=\frac{1}{b},\ z=\frac{1}{c}}}{=}\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}$$

[2] $xyz=\frac{1}{a}\cdot\frac{1}{b}\cdot\frac{1}{c}=1$ per tant cap d'ells val 0.

[3] La mitjana aritmètica de tres nombres $\frac{x+y+z}{3}$ és sempre igual o major que la mitjana geomètrica $\sqrt[3]{xyz}\Rightarrow\frac{x+y+z}{3}\ge\sqrt[3]{xyz}=1\Rightarrow x+y+z\ge 3$.

[4] Desigualtat de Cauchy-Schwartz:

Siguin $(x_1,\ x_2,\ x_3)$ i $(y_1,\ y_2,\ y_3)$ dues ternes de nombres reals $\Rightarrow(x_1y_1+x_2y_2+x_3y_3)^2\le(x_1^2+x_2^2+x_3^2)(y_1^2+y_2^2+y_3^2)$.

Considerem $x_1=\frac{x}{\sqrt{y+z}}$, $x_2=\frac{y}{\sqrt{x+z}}$, $x_3=\frac{z}{\sqrt{y+x}}$ i $y_1=\sqrt{y+z}$, $y_2=\sqrt{x+z}$, $y_3=\sqrt{y+x}$ si apliquem a aquests valors la desigualtat de Cauchy-Schwartz obtenim:

$$\left(\frac{x}{\sqrt{y+z}}\cdot\sqrt{y+z}+\frac{y}{\sqrt{x+z}}\cdot\sqrt{x+z}+\frac{z}{\sqrt{y+x}}\cdot\sqrt{y+x}\right)^2\le$$

$$\left(\left(\frac{x}{\sqrt{y+z}}\right)^2+\left(\frac{y}{\sqrt{x+z}}\right)^2+\left(\frac{z}{\sqrt{y+x}}\right)^2\right)\left(\left(\sqrt{y+z}\right)^2\left(\sqrt{x+z}\right)^2\left(\sqrt{y+x}\right)^2\right)$$

I simplificant obtenim:

$$(x+y+z)^2\le\left(\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}\right)(y+z+x+z+y+x)$$

$$\Downarrow$$

$$(x+y+z)^2\le\left(\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}\right)\cdot 2(x+y+z)$$

$$\Downarrow \text{ Simplifiquem per } (x+y+z)$$

$$(x+y+z)\le\left(\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}\right)\cdot 2$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{(x+y+z)}{2}\le\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}$$

$$\Downarrow \text{ Com que } x+y+z\ge 3$$

$$\frac{3}{2}\le\frac{(x+y+z)}{2}\le\frac{x^2}{y+z}+\frac{y^2}{z+x}+\frac{z^2}{x+y}$$

I aquí tenim la demostració que ens demanava l'enunciat.

Aquest problema també es pot resoldre amb el full de càlcul *Excel* a través de la utilitat *Solver* (programa complementari), tal com veieu a la següent taula:

	A	B	C	D	E
1		Valor	Sumands		Condició
2	a	1,000016407	0,499979372		1,00000048
3	b	0,999967947	0,500039949		
4	c	1,000016127	0,499979721		a*b*c=1
5					
6	Valor expressió		1,499999042		
7				Valor calculat per Solver	
8					

QUARANTA-CINQUENA OLIMPÍADA INTERNACIONAL, 2004

2004/2

Enunciat

Trobeu tots els polinomis f amb coeficients reals tals que per a tots els nombres reals a, b, c que verifiquen $ab+bc+ca=0$ es compleix la següent relació:

$$f(a-b)+f(b-c)+f(c-a)=2f(a+b+c)$$

Solució

Observem que:

1. Si

   $a=b=c=0 \Rightarrow$
   $f(0)+f(0)+f(0)=2f(0) \Rightarrow 3f(0)=2f(0) \Rightarrow f(0)=0$.

   Els polinomis buscats no tenen terme independent diferent de 0.

2. Si

   $b=c=0 \Rightarrow f(a)+f(-a)+f(0)=2f(a) \Rightarrow f(a)=f(-a)$

   $\forall a \in \Re$. Els polinomis buscats tenen simetria parell i per tant tots els seus termes tenen grau parell. No pot tenir termes en x, x^3, x^5, ...

3. Podem aïllar a en $a(b+c)+bc=0 \Rightarrow a=\dfrac{-bc}{b+c}$ i si fem el canvi de variable $b=3x$, $c=-2x$, que ens va bé perquè el denominador serà simplement x, aleshores obtenim $a=\dfrac{6x^2}{3x-2x}=6x$. Podem considerar les ternes $(6x,3x,-2x)$

que són TOTES les que verifiquen la condició donada a l'enunciat.

4. En aquestes condicions: $f(a-b)+f(b-c)+f(c-a)=f(3x)+f(5x)+f(8x)=2f(7x)$. Si suposem que $f(x)$ té grau n on n és, com hem dit, parell, tenim que, comparant els coeficients de major grau, $3^n+5^n+8^n=2\cdot 7^n$ igualtat que no pot ser certa si $n>4$. (8^n creix més ràpidament que 7^n).

n	$3^n+5^n+8^n$	$2\cdot 7^n$	Observacions
1	16	14	n és senar, no pertany a la solució.
2	98	98	n pertany a la solució.
3	664	686	n és senar, no pertany a la solució.
4	4802	4802	n pertany a la solució.
5	36136	33614	$n>4$ i és senar, no pertany a la solució.
6	278498	235298	$n>4$, no pertany a la solució.
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .

De totes aquestes consideracions es conclou que els polinomis buscats tenen la següent forma:

$f(x)=c_1x^4+c_2x^2$ amb c_1, $c_2\in\Re$

7. Reptes matemàtics actuals

Problemes del Mil·leni

L'Institut Clay va anunciar set problemes l'any 2000, anomenats Problemes del Mil·lenni. Els que siguin capaços de resoldre qualsevol d'aquests problemes rebran un premi per valor d'un milió de dòlars.
Actualment, sol n'hi ha un de resolt, la conjectura de Poincaré, per Grigori Perelmán, explicat en l'apartat 5.
Tots els altres, formen una part dels reptes matemàtics actuals, els quals són:

- **P versus NP**

Aquest problema forma part de la teoria de complexitat computacional, que és part de la teoria de la computació, que estudia els recursos necessaris durant el càlcul per resoldre un problema donat. Els recursos més habituals són *temps* (quantes passes calen per resoldre el problema) i *espai* (quanta memòria es necessita per resoldre'l).
Stephen Cook (1939-?), científic nord-americà especialitzat en l'àmbit de la computació, i Leonid Levin (1948-?), informàtic rus conegut pel seu treball en la computació aleatòria, van formular el problema P (és a dir, fàcil de trobar) davant d'un problema NP (és a dir, fàcil de comprovar) de forma independent.
Les matemàtiques actuals no posseeixen la capacitat necessària per a poder distingir problemes del tipus P i NP, pels quals és necessari desenvolupar algoritmes bastant complexos.

Un exemple d'aquest problema és:
Suposem que esteu organitzant l'allotjament d'un habitatge per a un grup de quatre-cents estudiants universitaris. L'espai és limitat i

només un centenar dels estudiants rebrà lloc al dormitori. Per complicar les coses, us proporcionen una llista de parells d'estudiants que són incompatibles, i es demana que cap parell d'aquesta llista aparegui en la vostra elecció final.
Si és fàcil comprovar que una solució a un problema és correcta, és també fàcil resoldre el problema? Aquesta és l'essència de la P vs NP. Si es dóna una solució, es pot comprovar fàcilment si és correcta, però no es pot trobar una solució amb tanta facilitat.

- **La conjectura de Hodge**

És un problema relacionat amb la geometria algebraica, proposat per William Vallance Douglas Hodge (1903-1975), els seus principals interessos es centraven en la geometria algebraica i en la geometria diferencial, va crear la teoria de les integrals harmòniques. En la conjectura es relacionen la topologia algebraica d'una varietat algebraica complexa i les subvarietats d'aquesta varietat.

- **La hipòtesi de Riemann**

La hipòtesi de Riemann té relació amb la distribució dels nombres primers en el conjunt dels naturals. Formulada per Bernhard Riemann (1826-1866), matemàtic alemany que va realitzar grans contribucions a l'anàlisi i la geometria diferencial.

La distribució dels nombres primers entre tots els nombres naturals no segueix cap ordre. Però Riemann va observar que la freqüència dels nombres primers està estretament relacionada amb el comportament d'una funció complexa:

ζ (s) = 1 + 1 / 2s + 1 / 3s + 1 / 4s + ...

anomenada la funció zeta de Riemann.

Aquesta hipòtesi enuncia que la part real de qualsevol zero no trivial de la funció zeta de Riemann és igual a ½.

- **Yang-Mills i Mass Gap (falta de massa)**

Les lleis de la física quàntica destaquen en el món de les partícules elementals de la mateixa forma en què les lleis de la mecànica clàssica de Newton s'interposen al món macroscòpic.

Fa quasi mig segle, Yang i Mills van introduir un nou i increïble esborrany que descrivia les partícules elementals utilitzant estructures que també es produeixen a la geometria. La teoria quàntica de Yang-Mills és ara la base de la major part de la teoria de les partícules elementals, i les seves prediccions s'han demostrat en molts laboratoris experimentals, però el seu fonament matemàtic encara no està clar. L'ús d'aquesta teoria per a descriure les fortes interaccions de les partícules elementals depèn d'una enginyosa propietat mecànica quàntica anomenada "the mass gap": les partícules quàntiques tenen masses positives, encara que les ones clàssiques viatgen a la velocitat de la llum. Aquesta propietat ha estat descoberta pels físics de l'experiment i ha estat confirmada per les simulacions dels ordinadors, però encara no s'ha entès des d'un punt de vista teòric.

El progrés en l'establiment de l'existència de la teoria de Yang-Mills i "the mass gap" requerirà la introducció de noves idees fonamentals, tant en la física com en les matemàtiques.

- **Les equacions de Navier-Stokes**

Els matemàtics i els físics creuen que una explicació de la predicció de la brisa i la turbulència es pot trobar a través de la comprensió de les solucions a les equacions de Navier-Stokes. És un conjunt d'equacions en derivades parcials no lineals que descriuen el moviment d'un fluid.
El seu nom prové de Claude-Louis Navier (1785-1836), matemàtic i enginyer francès que va treballar en el camp de les matemàtiques aplicades a l'enginyeria, especialment l'elasticitat i la mecànica de fluids, i de George Gabriel Stokes (1819-1903), matemàtic i físic britànic i irlandès que va realitzar contribucions importants a la dinàmica de fluids, l'òptica i la física matemàtica (incloent el teorema de Stokes).
Aquestes equacions estan escrites al segle XIX i la nostra comprensió envers elles encara és mínima. El repte és fer un progrés substancial per tal d'arribar a una teoria matemàtica que descobreixi els secrets amagats en les equacions de Navier-Stokes.

- **La conjectura de Birch i Swinnerton-Dyer**

La conjectura de Birch i Swinnerton-Dyer consisteix en un cert tipus d'equació que defineix corbes el·líptiques sobre els racionals. La conjectura diu que existeix una forma senzilla de saber si aquestes equacions tenen un nombre finit o infinit de solucions racionals.
Ha estat formulada per Peter Swinnerton-Dyer (1927-?), matemàtic anglès especialitzat en la teoria de nombres, i per Bryan Birch (1931-?), matemàtic britànic, membre de la Societat Americana de Matemàtiques.

- **La conjectura de Poincaré**

En topologia, l'esfera es caracteritza essencialment per la propietat de connectivitat senzilla. La conjectura de Poincaré estableix que aquesta afirmació també és vàlida per esferes tridimensionals.
Conjectura formulada per Henri Poincaré (1854-1912), matemàtic francès destacat pels seus treballs sobre equacions diferencials i les seves aplicacions a la mecànica celeste.

Òbviament, encara hi ha molts altres problemes pendents per resoldre, dels que els anteriors només en són una petita mostra. [10] [11]

8. Conclusions

Aquest treball de recerca ha significat un aprenentatge profund en diversos àmbits, sobretot en l'àmbit de l'organització i la investigació. A més, he pogut adquirir alguns coneixements matemàtics desconeguts per a mi a l'inici del mateix.

La pregunta inicial era: A què es dediquen avui en dia els participants de les IMO? Després d'haver investigat i basant-me en els personatges estudiats puc respondre que quasi tots es dediquen a la docència i a la investigació.
També trobo necessari ressaltar que he pogut comprovar que al nostre país no tenim una cultura matemàtica gens arrelada a la societat, la prova és que cap espanyol ha aconseguit cap medalla d'or a les IMO i que cap dels matemàtics citats en aquest treball té la nostra nacionalitat. A més a més, la majoria de webs que he hagut de consultar estaven en idiomes estrangers i els llibres també eren d'autors estrangers.
Un aspecte destacable és que en tota la història de la Medalla Fields solament una dona l'hagi guanyat i fa relativament poc, l'estiu de 2014, fet que indica que les matemàtiques han estat tradicionalment un camp propi dels homes, aquesta tendència ja està canviant perquè cada vegada hi ha més dones que es dediquen a la investigació superior en el camp de les matemàtiques.
També m'ha sorprès la gran intel·ligència i enginy que poden arribar a tenir algunes persones tan joves i la gran capacitat de treball i tenacitat per tal de desenvolupar teoremes i demostrar-los, fent avançar d'aquesta forma la ciència matemàtica.

Per concloure, no voldria acabar sense mencionar la satisfacció que m'ha produït realitzar aquesta investigació ja que m'ha enriquit en molts aspectes i m’ha permès complir amb la il·lusió d’aprofundir en un tema que m’apassiona.

9. Bibliografia

[1]	Revista *Investigación y Ciencia*, Temas 1, Grandes matemáticos, pàg. 120-128
[2]	Revista *Mathematika*, volum 60, número 01, gener 2014, pàg. 32-36
[3]	Diari *La Vanguardia*, 23 d'agost de 2006, pàg. 28
[4]	Diari *La Vanguardia*, 22 d'agost de 2006, pàg. 21
[5]	Diari *El País*, 22 d'agost de 2006
[6]	Revista *Suma+*, novembre de 2013, pàg. 111-117
[7]	Arthur Engel, *Problem-Solving Strategies*, Springer, 1999
[8]	Llibre *Olimpiadas Matemáticas Internacionales,* La Tortuga de Aquiles, Nº2, recopilades i resoltes per Samuel L. Greitzer
[9]	Llibre *Olimpiadas Matemáticas Internacionales II,* La Tortuga de Aquiles, Nº12, recopilades i resoltes per Murray S. Klamkin
[10]	Revista *Mundo Científico*, nº 229, pàg. 53-55
[11]	Diari *El País*, 28 de novembre de 1999, pàg. 32

WEBgrafia

http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page	Web de consulta
http://wordreference.com/	Diccionari
http://www.thefreedictionary.com/	Diccionari
http://www.artofproblemsolving.com/Forum/resources.php?cid=16	Web per resoldre els problemes de les IMO
http://www.claymath.org/	07/07/14
http://www.claymath.org/events/news/2014-clay-research-awards	07/07/14
https://www.imo-official.org/?language=es	07/07/14
https://www.imo-official.org/search.aspx	07/07/14
https://www.imo-official.org/hall.aspx	07/07/14

https://www.imo-official.org/problems.aspx	07/07/14
http://gaussianos.com/lisa-sauermann-y-raul-arturo-chavez-sarmiento-dos-genios-matematicos-actuales/	08/07/14
http://math.stanford.edu/~akshay/	28/07/14
https://www.maths.ox.ac.uk/people/ben.green	28/07/14
http://people.maths.ox.ac.uk/greenbj/	28/07/14
http://www.ihes.fr/~lafforgue/	02/09/14
http://www.math.uchicago.edu/~ngo/nbc-homepage	02/09/14
http://www.unige.ch/~smirnov/	02/09/14
https://www.math.ucla.edu/~tao/	02/09/14
http://math.stanford.edu/~ksound/	05/09/14
http://elpais.com/tag/grigori_perelman/a/	05/09/14
http://www.forocomunista.com/t21489-grigori-perelman-el-matematico-ex-sovietico-mas-relevante-del-siglo-xxi	17/09/14
http://w3.impa.br/~avila/	10/10/14
http://news.stanford.edu/news/2014/august/fields-medal-mirzakhani-081214.html	10/10/14
http://www.math.uni-bonn.de/people/scholze/	10/10/14
http://www.claymath.org/millenium-problems/p-vs-np-problem#	02/11/14
http://www.claymath.org/millennium-problems# 2/11/14	02/11/14
http://www.claymath.org/millenium-problems/hodge-conjecture	02/11/14
http://sselbergg.wordpress.com/%C2%BFque-es-la-teoria-de-numeros/	03/11/14
http://www.claymath.org/about-cmi/clay-mathematics-institute-overview-and-history	20/12/14
http://www.20minutos.es/noticia/2044608/0/matematico-kazajo/resuelve-ecuacion/navier-stokes-problema-milenio/	21/12/14
http://www.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=1564163	21/12/14
http://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hodge.htm	21/12/14
http://www.celesio.com/en/CR/Our_responsibility/Society/Education/Gehe-Prize2011/	30/12/14
http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=9163011&fileId=S0025579313000119	30/12/14

https://eltrasterodepalacio.wordpress.com/2012/09/04/la-conjetura-de-poincare-grigori-perelman-y-su-vida-singular/	30/12/14
http://www.ioinformatics.org/index.shtml	05/01/14
http://www.treccani.it/enciclopedia/william-vallance-douglas-hodge/	06/01/15
http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Hodge.html	06/01/15