

27 mars 2014

Sverige ska bli bäst i matematik – satsning om totalt 160 miljoner kronor

För att Sverige ska återta en internationell tätposition inom matematikområdet kommer Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse tillsammans med Kungl. Vetenskapsakademien att ge stöd till sammanlagt 84 framstående matematikforskare under 2014–2022. Stödet uppgår till totalt 160 miljoner kronor. De 15 första tjänsterna är nu beslutade.

Sverige har en lång tradition av internationellt framstående matematiker och många studenter vill satsa på forskarutbildning inom området. Även efterfrågan på forskarutbildade matematiker är stor, från såväl näringslivet som akademien. Trots det har svensk matematikforskning de senaste årtiondena tappat mark internationellt.

– Målsättningen med satsningen är att Sverige ska återta en internationell tätposition. Matematik är ett av de största utbildningsämnena på svenska universitet. Det är också ett ämne av största vikt för Sveriges framtida utveckling eftersom det utgör basen för många medicinska, och i princip alla naturvetenskapliga och tekniska tillämpningar, säger Peter Wallenberg Jr, vice ordförande för Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse.

Fem etablerade forskare från utlandet blir gästprofessorer vid svenska universitet (inom parentes): Prof. Lars Andersson, Max Planck Institute for Gravitational Physics, Tyskland (KTH); prof. Stefano Serra Capizzano, University of Insubria, Italien (Uppsala universitet); prof. Ai-Hua Fan, University of Picardie Jules Verne, Frankrike (Lunds universitet); prof. Mark David Groves, Saarland University, Tyskland (Lunds universitet); prof. Christiane Tretter, University of Bern, Schweiz (Stockholms universitet)

Sex etablerade forskare får medel till en postdoktoral tjänst i Sverige för forskare från utlandet: Prof. Mats Boij, KTH; prof. Pär Kurlberg, KTH; prof. Volodymyr Mazorchuk, Uppsala universitet; dr Andreas Rosén, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet; prof. Anna-Karin Tornberg, KTH; prof. Warwick Tucker, Uppsala universitet

Fyra forskare med svensk doktorsexamen får postdoktoral tjänst vid universitet i utlandet (inom parentes) och stöd under två år efter återvändandet till Sverige: Dr Per Alexandersson, Stockholms universitet (University of Pennsylvania, USA); dr Gabriel Bartolini,

Linköpings universitet (National Distance Education University, Spanien); dr Georgios Dimitroglou Rizell, Paris-Sud University, Frankrike (University of Cambridge, Storbritannien); dr Jens Wittsten, Kyoto University, Japan (Ritsumeikan University, Japan)

Läs mer om forskarna och projekten i bilagan.

Totalt omfattar programmet 160 miljoner kronor för 24 utresande svenska postdoktorer och internationell rekrytering av 35 utländska postdoktorer samt 25 gästprofessorer till svenska institutioner. Utöver detta ges ett stöd på 40 miljoner kronor till Vetenskapsakademiens Institut Mittag-Leffler, ett av världens 10 främsta matematiska institut.

Den andra ansökningsperioden startar under våren, läs mer på <http://kva.se/wallenbergmatematik>

Kontaktpersoner

Peter Wallenberg Jr, vice ordförande, Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse, 08-545 017 80, kaw@kva.se

Staffan Normark, ständig sekreterare, Kungl. Vetenskapsakademien, 08-673 95 02, staffan.normark@kva.se

Göran Sandberg, verkställande ledamot, Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse, 08-545 017 80, kaw@kva.se

Perina Stjernlöf, pressansvarig, Kungl. Vetenskapsakademien, 070-673 96 50, perina.stjernlof@kva.se

I år fyller Kungl. Vetenskapsakademien 275 år. Akademien stiftades 1739 och är en oberoende organisation som har till uppgift att främja vetenskaperna och stärka deras inflytande i samhället. Akademien tar särskilt ansvar för naturvetenskap och matematik, men strävar efter att öka utbytet mellan olika discipliner.



Wallenbergs akademiprogram för matematik 2014

Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse tillsammans med Kungl. Vetenskapsakademien kommer att ge stöd till sammanlagt 84 framstående matematikforskare under 2014–2022. Stödet uppgår till totalt 160 miljoner kronor. De 15 första tjänsterna är nu beslutade.

Fem etablerade forskare från utlandet blir gästprofessorer vid svenska universitet:

Foto: Max Planck Institute for Gravitational Physics



Universums hemligheter avslöjas med Einsteins ekvationer

Lars Andersson är för närvarande professor vid Max Planck Institute for Gravitational Physics (Albert Einstein Institute) i Potsdam, Tyskland, och kommer att vara gästprofessor vid Institutionen för matematik, KTH, Stockholm.

Trots att Albert Einsteins allmänna relativitetsteori snart fyller 100 år är den ännu inte helt utforskad. Teorin beskriver hela universums historia och utveckling, liksom enstaka fenomen i rymden, som till exempel svarta hål. Men de modeller som idag används av fysiker gäller bara för vissa speciella förhållanden. För mer allmänna fall saknas det fortfarande lösningar till Einsteins ekvationer.

Ett sätt att ta sig an problemet är att formulera Einsteins ekvationer som ett så kallat begynnelsevärdesproblem. Det innebär att om man kan beskriva till exempel universums tillstånd vid en viss tidpunkt så ger ekvationerna entydigt svar om den framtida utvecklingen. Enkla exempel på detta står redan att finna i den klassiska mekaniken. Kastar man upp en boll och känner till dess utgångsläge och -hastighet, samt styrkan hos gravitationsfältet och luftmotståndet, så går det att beräkna exakt hur bollens bana kommer att se ut.

Men om Einsteins allmänna relativitetsteori ska användas måste begynnelsevärdena uppfylla de så kallade bivillkorsekvationerna. Först när bivillkorsekvationerna är lösta går det att lösa Einsteins ekvationer. Redan idag kan de lösas för kortare tidsperioder, men inte för längre.

Ett av syftena med projektet är att i samarbete med Lars Andersson söka efter fler lösningar till bivillkorsekvationerna och studera deras egenskaper. Ett annat syfte är att närmare studera exotiska fenomen, så kallade singulariteter, där fysikens lagar upphör att gälla. Den mest kända singulariteten är Big Bang, början på universums kosmiska historia.

Foto: University of Insubria



Bättre verktyg för datorsimuleringar

Stefano Serra Capizzano är för närvarande professor vid University of Insubria i Como, Italien, och kommer, tack vare anslaget från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, att vara gästprofessor vid institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet.

Idag vill vi förstå beteendet hos en mängd komplexa fenomen som hela jordens

klimat, benskörhet, den mänskliga hjärnan eller landhöjning. Sådana komplicerade processer saknar exakta lösningar och de går inte att analysera med bara penna och papper. Istället bygger forskare upp sofistikerade modeller med hjälp av alltmer kraftfulla datorer.

Men för att kunna garantera att datorsimuleringarna ger tillräckligt bra resultat behövs rigorösa matematiska bevis och analysverktyg. Först då kan man säga att simuleringarna motsvarar verkliga företeelser.

Beräkningsgruppen vid Uppsala universitet samarbetar med geovetare i studier av landhöjning, och har gjort en datorsimulering av hur jordens yta höjs och sänks under och efter istider. Att simulera landhöjningen är inte helt enkelt – de bakomliggande fysikaliska processerna är komplexa, tids- och rumsskalorna enorma, jordens inre är heterogen och isarnas tjocklek varierande.

Redan de första, något enklare datorsimuleringarna har visat att de klassiska matematiska metoderna inte är direkt användbara. Nu ska gruppen utveckla nya metoder för att nå högre noggrannhet i de numeriska lösningarna och förkorta beräkningstiden för datorsimuleringar.

Foto: Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach/Renate Schmid



Att hitta mönster i kaos

Ai-Hua Fan är för närvarande professor vid University of Picardie Jules Verne i Amiens, Frankrike. Tack vare anslaget från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, kommer han att vara gästprofessor vid Matematikcentrum, Lunds universitet.

Ett av de områden som teorin om dynamiska system studerar är matematiska modeller av kaotiska företeelser. Med kaotiskt menas här att en liten avvikelse vid en tidpunkt snabbt blir förstärkt med tiden. Den egenskapen gör att det är omöjligt att förutsäga till exempel hur vädret, som är ett kaotiskt fenomen, blir längre fram i tiden. Det finns dock viss ordning i kaoset, man kan till exempel vara säker på att det sällan snöar i juli i Sverige.

Studier av regelbundna mönster i kaotiska system kallas ergodteorin. Den introducerades för drygt 100 år sedan av den österrikiske fysikern Ludwig Boltzmann, som lade grunden till statistiska mekaniken med sina beräkningar av rörelsen hos gaspartiklar.

Sedan dess har ergodteorin vidgats till att mer generellt utforska medelvärden för långtidsutveckling av dynamiska system. För vissa kaotiska system har man till exempel visat att om systemet får utvecklas under mycket lång tid så "glömmer" det sitt ursprungliga tillstånd, sin historia.

De metoder som krävs för att lösa denna typ av problem ligger i gränsområdet mellan flera fält av matematiken, däribland harmonisk analys, sannolikhetslära, statistisk mekanik, talteori och fraktalteori. Lundagruppen hoppas kunna ta tillvara professor Fans matematiska bredd i sina försök att utforska och vidareutveckla ergodteorin.



Ensamvågens matematik

Mark David Groves är för närvarande professor vid Saarland University i Saarbrücken, Tyskland. Tack vare anslaget från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien kommer han att vara gästprofessor vid Matematikcentrum, Lunds universitet.

Trots att vattenvågor hör till våra vanligaste exempel på vågrörelse är de förvånansvärt svåra att hantera matematiskt. Det beror på att ekvationerna som beskriver dem är i högsta grad icke-linjära. Därför har forskare länge varit hänvisade till förenklade modeller som bara beskriver vissa aspekter av vågrörelsen.

Forskningsprojektet planerar nu att utveckla en mer fullständig modell, där solitära vågor kommer att undersökas närmare. Solitära vågor kan fortplantas lång väg med konstant form och hastighet. En solitär våg upptäcktes för första gången år 1834 då den brittiske ingenjören John Scott Russell följde vågen flera kilometer längs Union-kanalen mellan Glasgow och Edinburgh. Sedan dess har matematiska beskrivningar av solitära vågor funnit sina tillämpningar inom bland annat informationsteknologin och fiberoptiken.

Medan Russells våg var tvådimensionell – den varierade inte vinkelrätt mot färdriktningen – har det under senaste decenniet börjat växa fram en teori även för tredimensionella solitära vågor. Den teorin har dock till stor del byggt på ett fysikaliskt orimligt antagande om stark ytspänning i förhållande till vattendjupet. Nu ska tredimensionella solitära vågor med svag ytspänning studeras i projektet. Med medverkan av Mark Groves som är världsledande expert på icke-linjära vattenvågor är förhoppningen att också nå en mer grundläggande förståelse av vågorna i vatten.



Att söka ordning bortom symmetri

Christiane Tretter är för närvarande professor vid Universität Bern i Schweiz, och kommer tack vare anslaget från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, att vara gästprofessor vid Matematiska institutionen, Stockholms universitet.

Matematiska modeller för transport i nanostrukturer och andra mikroskopiska system har blomstrat under senare år. Användningsområdena är många – fiberoptik, kvantrdar, men även vissa processer i kroppen kan beskrivas med samma matematiska apparat.

De hittills mest utforskade matematiska modellerna har symmetriegenskaper. Men i många tillämpningar, som i strömningslära, elasticitetsteori eller magnetohydrodynamik, saknas symmetrin. Dessa system är extremt känsliga och en liten störning kan leda till att det blir svårt att beskriva hur systemet kommer att utvecklas med tiden.

Det innebär att numeriska beräkningar oftast är opålitliga. Därför finns ett starkt behov av rigorös analytisk information om problem kopplade till de system som inte är symmetriska.

Syftet med det gemensamma forskningsprojektet r att utveckla teorin för icke-symmetriska system, vilket är ett av Christiane Tretters specialområden. Genom att kombinera tekniker från flera olika fält inom matematiken – operator-teori, analys, komplex analys och geometri – kommer ytterligare steg att tas mot att lsa den matematiska fysikens utmaningar.

Sex etablerade forskare får medel till en postdoktoral tjänst i Sverige för forskare från utlandet:



Foto: KTH

Geometriska former ger djupare förståelse av matematiska beräkningar

Mats Boij får medel till en postdoktoral tjänst för forskare från utlandet vid sin grupp på Institutionen för matematik, KTH, Stockholm.

Gruppen vid KTH arbetar med ett brett spektrum av problem inom den algebraiska geometrin, vilket är ett önskat expertområde för kandidaten till den postdoktorala tjänsten. Den algebraiska geometrin har mängder av kopplingar till andra delar av matematiken. Även andra vetenskaper har användning av den, som kryptografi inom datorkommunikation, ekonomernas spelteori eller den teoretiska fysikens strängteori. Området har även funnit många industriella tillämpningar, bland annat inom informationsteknologi, flygplanskonstruktion och robotik.

Algebraisk geometri handlar om lösningar till system av polynomekvationer och har rötter långt tillbaka i mänsklighetens historia. På 1600-talet kom en viktig milstolpe när René Descartes introducerade koordinatsystemet, vilket sammanlänkade algebraiska ekvationer för geometriska objekt med direkta studier av objektens geometri. En rad framsteg följde, men verktyg saknades för att komma vidare. Först under 1900-talet utvecklades ett nytt och ännu mer abstrakt maskineri som ledde till att många av problemen blev lösta.

Under de senaste femtio åren har tillkomsten av datorer fört forskningen framåt när omfattande numeriska beräkningar blev möjliga. Trots detta finns fortfarande stora begränsningar och även till synes små problem kan leda till beräkningar som med dagens datorer inte går att avsluta inom en livstid.



Foto: KTH/Ann-Britt Öhman

Att förstå kaos i kvantmekanikens mikrovärld

Pär Kurlberg får medel till en postdoktoral tjänst för forskare från utlandet till sin grupp på institutionen för matematik, KTH, Stockholm.

Till den postdoktorala tjänsten efterlyses en forskare med god kännedom om talteori. På lite längre sikt kan forskningen om kvantkaos finna tillämpningar inom mikroelektroniken och borde därför vara av intresse för dator- och kommunikationsindustrin.

I ett kaotiskt system blir små skillnader i begynnelsen snabbt förstärkta med tiden. Därför är det omöjligt att göra förutsägelser om hur systemet kommer att utvecklas långt fram i tiden. Det går till exempel inte att utesluta möjligheten att jorden kommer att slungas ut ur solsystemet långt innan solen slocknar.

Ännu svårare är att förstå kaotiska fenomen i mikrovärlden, där kvantmekaniken styr. Till exempel kan inte partikelbanorna bestämmas exakt – de lyder under Heisenbergs osäkerhetsrelation och är alltid något suddiga. På så sätt verkar kvantmekaniken utesluta ett fundamentalt kännetecken för kaos, nämligen den mycket komplicerade bilden av tätt sammanflätade men likväl tydliga banor.

Men världen byggs ju upp av mikroskopiska beståndsdelar. Hur kan då makroskopiskt kaos skapas i ett universum som i grund och botten är kvantmekaniskt? Denna fråga har debatterats livligt. Från perspektivet av matematisk fysik kan problemet formuleras om till en annan fråga: på vilket sätt uttrycker sig klassiskt kaos i form av egenskaper hos det motsvarande kvantmekaniska systemet? Frågeställningen ger ofta upphov till mycket intressanta problem, där metoder från talteori har visat sig fruktbara.



På jakt efter teoriernas teori

Volodymyr Mazorchuk får medel till en postdoktoral tjänst för forskare från utlandet till sin grupp på Matematiska institutionen, Uppsala universitet.

Det vanligaste sättet att lösa ett matematiskt problem är att förenkla problemet. Det leder dock i många fall till att en hel del användbar information går förlorad. För att utveckla en mer avancerad teori, kan man därför bli tvungen att gå tillbaka och göra om det förenklade problemet till ett svårare problem.

Så sker inom kategoriteorin, en gren av den moderna matematiken som växte fram efter andra världskriget. Kategoriteorin skapar en generalisering av stora delar av matematiken. Att på detta sätt uppgradera begrepp inom ett område till mer generella begrepp kallas för kategorifiering.

Genom att formulera matematik på en mer abstrakt nivå kan man avslöja en gemensam struktur bakom flera delområden som annars inte verkar relaterade. Till exempel användes kategorifieringssidan i den så kallade Khovanovhomologin som utforskar knutar och metoder att skilja knutarna åt. Knutar, som kan ses som enkla rep hopsatta i båda ändar, är mycket användbara i bland annat studier av lågdimensionella rum.

Kategorifieringen av Khovanovhomologin ledde så småningom till att en ny teori utvecklades – den så kallade högre representationsteorin. Ett av syftena för Uppsalagruppens arbete är att generalisera den högre representationsteorin och på så sätt lägga grunderna till en abstrakt version av teorin.



Foto: Chalmers tekniska högskola

Nya sätt att ta sig an Diracekvationer

Andreas Rosén får medel för en postdoktoral tjänst för forskare från utlandet till gruppen för harmonisk analys och partiella differentiellekvationer, institutionen för matematiska vetenskaper, Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet.

Många tillämpningar av matematiken börjar alltsedan Newtons tid med en matematisk modell som består av ett antal differentialekvationer. Lösningarna på ekvationerna kan till exempel ge en väderprognos för helgen, visa hur trafiken utvecklas eller beskriva bakteriernas tillväxt i en odling.

En särskild sorts differentialekvationer är Diracekvationerna som den nu planerade forskningen ska studera. Den brittiske fysikern och Nobelpristagaren Paul Dirac formulerade ursprungligen sina ekvationer år 1928 för att ge en kvantmekanisk beskrivning av elektronen. Under de senaste femtio åren har Diracekvationerna också spelat en viktig roll inom den fundamentala matematiken.

På 1960-talet utvecklade matematikerna Michael Atiyah och Isadore Singer nya metoder för att ta sig an vissa differentialekvationer. Istället för att finna lösningar ställde de frågan hur många lösningar en ekvation kan ha, vilket ledde till en omfattande utveckling av den grundläggande matematiken.

Projektet ska bygga vidare på utvecklingen under de senaste 50 åren och studera Diracekvationerna med hjälp av tekniker från harmonisk analys. Den harmoniska analysen är den gren av matematiken som har utvecklats mycket utifrån behovet av att bättre förstå möjliga lösningar till differentialekvationer.



Foto: KTH/Henrik Gustavsson

Datorsimuleringar av rörelsemönster hos små droppar

Anna-Karin Tornberg får medel till en postdoktoral tjänst för forskare från utlandet till sin grupp för numerisk analys på institutionen för matematik, KTH, Stockholm.

Bakom utvecklingen av ett nytt forskningsområde – mikroströmning, eller mikroskopisk strömningsmekanik – ligger behovet av att kunna manipulera nanoteknologins allt mindre objekt. En tillämpning är droppbaserad mikrofluidik, där mycket små vattendroppar i olja används som provbehållare, och där dropparnas yta är täckta av ett ytaktivt ämne för att förhindra att de slås ihop. Varje enskild droppe, med en diameter mindre än 30 tusendels millimeter, kan innehålla en unik kombination av ämnen eller biologiskt material.

Med det ökade intresset för mikroströmning växer också behovet av att bättre förstå både de komplicerade mikrofluidiksystemen och deras biologiska tillämpningar. Utmaningen är att skapa noggranna och snabba metoder för datorsimuleringar av mikrofluider, speciellt i tre dimensioner. Ett problem med vattendroppar är att de är ytterst föränderliga, dropparna i vätskan rör sig och deformeras. Detta gör att fenomenen är svåra att simulera med noggranna resultat.

Forskningsprojektet ska utveckla nya metoder för att gå runt vissa av svårigheterna, samt för att inkludera ytaktiva ämnen i beräkningarna för små droppar. Målet är att åstadkomma noggranna och effektiva simuleringsmetoder för droppar i mikrosystem med ytaktiva ämnen.



Foto: Uppsala universitet

Ett steg närmare lösningen på en gammal gåta

Warwick Tucker får medel till en postdoktoral tjänst för forskare från utlandet till sin grupp på Matematiska institutionen, Uppsala universitet.

Ett klassiskt problem från himlavalvets mekanik är det så kallade n-kropparsproblemet: att beskriva och förutsäga hur ett godtyckligt antal himlakroppar rör sig under inbördes påverkan från gravitationen. Det kan handla om att beräkna och förutsäga planeternas banor i solsystemet eller stjärnornas rörelser i galaxer och stjärnhopar. Redan för tre kroppar saknas det ett exakt svar, och försöken att hitta lösningar för tre och flera objekt har gett upphov till en ny gren av matematiken – den moderna kaosteorin.

En speciell lösning till n-kropparsproblemet är en konfiguration där kropparna roterar i ett plan kring sitt gemensamma masscentrum. En sådan konfiguration kallas för en relativ jämvikt. Frågan

om antalet sådana jämvikter är oändligt eller inte har studerats livligt inom matematisk forskning under det senaste decenniet.

Nyligen kom ett bevis för att antalet relativa jämvikter för fyra kroppar är ändligt och ligger någonstans mellan 32 och 8 472. Forskargruppen hoppas kunna finna det exakta antalet jämvikter för problemet med fyra kroppar, och även kunna visa att också för fem kroppar är antalet ändligt. Genom att använda moderna numeriska metoder kombinerade med kraftfulla datorer hoppas man att projektet kommer att föra matematisk grundforskning och beräkningsmatematik närmare varandra.

Fyra forskare med svensk doktorsexamen får postdoktoral tjänst vid universitet i utlandet och stöd under två år efter återvändandet till Sverige:

Foto: Gaudeamus, Stockholms universitet



Fokuserar på speciella egenskaper hos matematiska objekt

Per Alexandersson, som disputerade i matematik 2013 vid Stockholms universitet, har, tack vare anslag från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, fått en postdoktoral tjänst hos professor James Haglund vid University of Pennsylvania i Philadelphia, USA.

Forskningsprojektet som han ska driva tillsammans med professor Haglund består av två nära relaterade problemställningar som behandlar något som kallas symmetriska funktioner och representationsteori. Symmetriska funktioner ändras inte när man kastar om ordningen på variablerna. Inom representationsteori studerar man bland annat så kallade irreducibla karaktärer, vilka kan liknas vid odelbara byggstenar för större objekt. Inom matematiken påminner detta om hur primtal utgör byggstenar för alla andra heltal.

I centrum för det första problemet står en viktig matematisk struktur, en så kallad bigraderad ring. Frågan är hur vissa nyckelegenskaper hos denna ring ser ut, som storleken av varje byggsten. En del forskare tror att storleken på delarna i ringen kan beräknas genom att titta på geometriska egenskaper hos ett speciellt matematiskt objekt, hyperplansarrangemang. Men frågan är fortfarande olöst, och många framstående matematiker arbetar för närvarande aktivt inom detta forskningsområde.

Det andra problemet, som innebär att studera koefficienter i vissa speciella symmetriska polynom, har sina tillämpningar inom flera matematikområden, som representationsteori, harmonisk analys och kombinatorik. Symmetriska funktioner och representationsteori har även tillämpningar som sträcker sig bortom den rena matematiken, från digital bildkomprimering till beräkningar inom kvantfysiken.

Studerar egenskaper hos komplexa former

Gabriel Bartolini, som disputerade i matematik vid Linköpings universitet 2012, har, tack vare ett anslag från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, fått en postdoktoral tjänst hos professor Antonio F. Costa vid National Distance Education University (UNED) i Madrid, Spanien.

Alltsedan Bernhard Riemann introducerade idén om en Riemannyta i sin doktorsavhandling år 1851 har den varit ett centralt begrepp inom många matematiska discipliner. Riemann skapade begreppet när han studerade komplex analys, teorin om funktioner av komplexa tal.

Varje komplext tal är en summa av ett reellt tal och ett imaginärt, där enheten för det imaginära talet är kvadratroten ur -1 . I det kartesianska koordinatsystemet tänker man sig att de reella talen motsvarar punkter på en tallinje medan de komplexa talen har sina motsvarigheter i punkter på ett plan.

Ett sätt att tänka om en Riemannyta är att föreställa sig den som en deformerad version av ett komplext plan. En viktig egenskap hos vissa, så kallade kompakta Riemannytor är antalet hål som de omsluter. Till exempel har både en badring och en kaffekopp med ett handtag ett hål var, till skillnad från en sfär som inte har något.

Riemann visade att alla kompakta Riemannytor utan hål är likvärdiga med en sfär. För ytor med bara ett hål fann Riemann och andra matematiker att mängden går att beskriva med en komplex parameter, medan kompakta Riemannytor med ett större antal hål är svårare att beskriva. Gabriel Bartolini planerar att utforska geometriska egenskaper hos Riemannytorna och deras grunddrag i samarbete med professor Antonio Costa och hans forskargrupp i Madrid.



Om att kunna skilja mellan knut och knut

Georgios Dimitroglou Rizell, som disputerade i matematik 2013 vid Uppsala universitet, har tack vare ett anslag från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, fått en postdoktoral tjänst hos professor Ivan Smith vid University of Cambridge, Storbritannien.

Symplektiska mångfalder är rum med ett jämnt antal dimensioner ($2, 4, 6, \dots$) i vilka man kan formulera och studera så kallade Hamiltonska dynamiska system, den matematik som ursprungligen utvecklades för att beskriva klassisk mekanik – himlakropparnas banor i solsystemet, laddade partiklars rörelser i ett elektromagnetiskt fält och liknande fysikaliska system. Symplektiska mångfalder som studeras idag kan ses som en generalisering av sådana dynamiska system.

Georgios Dimitroglou Rizell är intresserad av att utnyttja metoder inspirerade av studier av symplektiska mångfalder inom andra delar av matematiken, till exempel topologi och speciellt i studier av knutar.

En knut kan ses som en sträng hoplimmad i båda ändar. Det finns oändligt många olika knutar, och till de stora utmaningarna inom den moderna knutteorin, som blomstrat under de senaste 30 åren, hör att hitta nya beräkningsbara metoder för att skilja knutarna åt. Ivan Smith, den tilltänkta värden i Cambridge, utvecklar för närvarande just sådana metoder som förhoppningsvis blir användbara i knutteorin. Knutteorin har också tillämpningar inom andra vetenskapliga områden som fysikens strängteori och kvantteori, eller i studier av DNA.

Matematik för jordens inre och kaos

Jens Wittsten, som disputerade i matematik vid Lunds universitet 2010, har tack vare ett anslag från Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse och Kungl. Vetenskapsakademien, fått en gästforskar-tjänst hos professor Setsuro Fujie vid Ritsumeikan University i Kyoto, Japan.

För att studera bland annat lösningar till partiella differentiella ekvationer har en speciell teori utvecklats – mikrolokal analys, som är ett av Jens Wittstens specialområden. Den mikrolokala analysen har visat sig ha många tillämpningar.

Till exempel kan den användas för att bedöma hur bra jordens inre avbildats med hjälp av jordbävningsdata. Bilden kan ju aldrig bli fullständig; dels för att frågan är för komplex, dels för att det matematiska problemet är icke-linjärt och därmed svårt att lösa. Dessutom räcker inte mängden mät-data till. Frågan är då hur man kan få en så bra bild som möjligt genom att utvidga bilden utifrån de tillgängliga mätningarna.

Ny utveckling visar att teorin också lämpar sig för studier av dynamiska system. Dynamiska system är matematiska modeller av fenomen som utvecklas med tiden, som fluktuationer på börsen eller atomernas rörelse i en gas. Hittills har den mikrolokala analysen bara använts för att studera kaotiska system i frånvaro av brus. Men brus i kaotiska system kan ge stora avvikelser från förutsägelser. Så nu ska teorin utvidgas så att brus kommer med. Uppgiften är att med hjälp av den mikrolokala analysen undersöka vilka egenskaper i den matematiska modellen som är robusta och står emot brus. Professor Fujie och hans grupp forskar inom det här området och ett samarbete med dem kan bli mycket produktivt.