Sexta Escuela de Física-Matemática 2014

Spectral Analysis for Random Matrices and its Applications

Departamento de Matemáticas – Departamento de Física
Universidad de los Andes

26 Mayo – 30 Mayo 2014

Queremos agradecer a los Departamentos de Matemáticas y de Física, a la Facultad de Ciencias, a la Vicerectoría de Investigacones de la Universidad de Los Andes y a ICETEX por su soporte financiero a esta escuela.

Morning lectures 5

Short communications 6

Morning Lectures

Zdzisław Burda (Jagiellonian University in Krakow, Polonia)

Macroscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices

This mini course concentrates on the macroscopic properties of the eigenvalue statistics of random matrices. In particular I will talk about how to calculate limiting eigenvalue densities of various types of random matrices, including Wigner, Ginibre, Wishart matrices and products and sums of independent (free) random matrices. I will sketch the idea of free random variables and link it to planar Feynman diagrammatics. If time permits I will also elaborate on products of random matrices and the problem of calculating Lyapunov exponents.

Satya Majumdar (Université de Paris-Sud, Francia)

Microscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices

I plan to speak about spectral statistics of eigenvalues in RMT, in particular covering the Dyson Coulomb gas, Dyson Brownian motion, largest eigenvalue of the random matrix, Tracy-Widom distribution and the associated large deviations. Depending on if time permits, I also intend to discuss some recent applications, such as entanglement entropy in bipartite systems, conductance fluctuations and also vicious walker problem.

Uzy Smilansky (Weizmann Institut, Israel)

The Spectral Statistics of Some Graph Ensembles and Random Matrix Theory

The topic of this mini course is the spectral statistics of Laplacians (metric and discrete) on graphs. I intend to discuss and compare two methods:

1. periodic orbit and trace formula based approach, and
2. a discrete version of Dyson's Coulomb gas to spectral statistics.

Short Communications

Leonardo Cano
Departamento de Matemáticas
Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia

A brief introduction to Montgomery Conjecture (Pair correlation of zeros of the zeta function of Riemman)

In this talk we will outline some of the main concepts and principles around Montgomery Conjecture about the pair correlation of zeros of the zeta function of Riemman whose distribution coincides with the distribution of pair correlation of eigenvalues of the Gaussian Unitary Ensamble. The talk is thought mainly as an introduction to young students.

Jean Carlos Cortissoz
Departamento de Matemáticas
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Funciones armónicas en superficies

Dada una superficie difeomorfa al plano dotada de una métrica riemanniana, se puede definir el operador de Laplace y por ende la familia de funciones armónicas. En esta charla relacionaremos ciertos estimativos sobre la curvatura de una superficie dotada de una métrica riemanniana y el comportamiento, bajo ciertas restricciones de crecimiento, de sus funciones armónicas (el lector no debe olvidar el Teorema de Liouville en el plano (con su métrica usual): funciones armónicas acotadas son constantes!).

Alejandro Ferrero
Departamento de Física
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Fermionic and bosonic concentraton in a translationally invariant chain

The concentration of fermion and boson excitations in a traslationally invariant chain is studied. The property of canonical typicality is shown in a particular model, that is: *The canonical state distribution is a generic property of practically all subsystems entangled with entire states described by pure states, with an arbitrary subsystem of sufficiently high dimension.* This property has important implications such as a different interpretation to the concept of entropy and the "area-law" that is satisfyed by systems in their ground states; those different interpretations are discussed.

Diego González
Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali, Colombia

On the partial relation between random matrices and some non-equilibrium systems

We discuss the partial connection between the statistical behavior of some interacting particle systems out of equilibrium and their counterpart in the random matrices theory. In particular we discuss three exactly solvable systems: the totally asymmetric simple exclusion process (TASEP), the coalescing random walk (CRW) and the terrace-step-kink (TSK) model for interacting steps. Additionally, we also discuss briefly two driven diffusive systems with domain formation. The first one is a quasi-one-dimensional gas with two species of particles under the action of an external field which drives each species in opposite directions. The second one is a one-dimensional spin system with nearest-neighbor interactions also under the influence of an external driving field. The connection between the statistical behaviors of all these systems is given by some quantities such as nearest neighbor distributions and the distribution of the largest scaled eigenvalue.

Juan Pablo Mallarino
Departamento de Física
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Weak couplings in the one-component plasma in two dimensions for a disk with a centered impenetrable neutralizing charge

We investigate the theory of weak couplings in two dimensions for the one component plasma (OCP) in a disk with a charge concentrated in its center. This system allows investigating the phenomenon of Manning condensation in polyelectrolytes studied in two dimensions. We enunciate the weak coupling limit and describe the ion profile and integrated charge with its consequences to condensation. The analytic results are compared against results from Monte-Carlo simulations and analytic predictions of the mean field theory in the thermodynamic limit. Finally we explore the free fermion case where an equivalence of systems if obtained. The concentration of fermion and boson excitations in a traslationally invariant chain is studied.

José Mejía
Departamento de Física
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

The distance between two random mixed quantum states: exact and asymptotic spectral analysis

We analyze the distribution of eigenvalues of the difference of two random reduced density matrices ($\rho_1 - \rho_2$) of quantum bipartite systems of a larger. We obtain an integral formula for the exact eigenvalue joint probability distribution of such difference and also a formula for the asymptotic probability density distribution of one eigenvalue when the dimensions of the system and subsystem grow asymptotically towards infinity. To compute the exact probability distribution we use the n-dimensional con- volution theorem for Fourier transforms and some geometrical properties of simplices to get an integral formula which can be applied to arbitrary dimensions of the bipartite system. We compute some explicit formulas for given dimensions of the subsystem and arbitrary dimension of the larger system using the latter result. For the asymptotic formula we use free probability theory and

the asymptotic function for large dimensions. We use these latter results to calculate high and low bounds for the p-norm of the difference $(\rho_1 - \rho_2)$.

Joint with Camilo Zapata and Alonso Botero, Universidad de Los Andes.

Armando Reyes
Departamento de Física
Universidad de los Andes y Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia,

Probability, Topological Semigroups and Random Matrices

In this talk we consider some probability measures on topological semigroups to study random nonnegative matrices. We present problems involving recurrence, tightness, invariant measures, and laws of large numbers for products of random matrices. For instance, we study invariant measures for mixed random walks and use these measures to obtain laws of large numbers for such walks, and we present a description of the asymptotic behavior in the growth of products of random nonnegative matrices in the almost sure sense. Finally, we present a spectral analysis of stochastic matrices using an adequate notion of convergence.

References

[1] John W. Baker. "Measure algebras on semigroups". In: *The analytical and topological theory of semigroups*. Vol. 1. de Gruyter Exp. Math. de Gruyter, Berlin, 1990, pp. 221–252.

[2] J.F. Berglund and K.H. Hofmann. *Compact semitopological semigroups and weakly almost periodic functions*. Vol. 42. Lecture notes in mathematics. Springer, 1967.

[3] P. Bougerol and J. Lacroix. *Products of Random Matrices with Applications to Schrödinger Operators*. Progress in probability and statistics. Birkhäuser, 1985. ISBN: 9783764333249.

[4] G. Budzban. "Necessary and sufficient conditions for the convergence of convolution products of non-identical distributions on finite abelian semigroups". English. In: *Journal of Theoretical Probability* 7.3 (1994), pp. 635–646. ISSN: 0894-9840. DOI: 10.1007/BF02213573. URL: http://dx.doi.org/10.1007/BF02213573.

[5] J. H. Carruth, J. A. Hildebrant, and R. J. Koch. *The theory of topological semigroups. Vol. 2.* Vol. 100. Monographs and Textbooks in Pure and Applied Mathematics. Marcel Dekker, Inc., New York, 1986, pp. xii+195. ISBN: 0-8247-7320-9.

[6] James Harvey Carruth, John A. Hildebrant, and R. J. Koch. *The theory of topological semigroups*. Vol. 75. Monographs and Textbooks in Pure and Applied Mathematics. Marcel Dekker, Inc., New York, 1983, pp. vi+244. ISBN: 0-8247-1795-3.

[7] J.E. Cohen, H. Kesten, C.M. Newman, A.M. Society, I.M. Statistics, and S.I.A. Mathematics. *Random Matrices and Their Applications: Proceedings of the AMS-IMS-SIAM Joint Summer Research Conference Held June 17-23, 1984, with Support from the National Science Foundation*. Contemporary mathematics. American Mathematical Society, 1986. ISBN: 9780821853986.

Posters

Carlos Andrés Aparicio Rodríguez
Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia

Como dimensión fundamental en el ser humano se encuentra la lúdica, ya que es la capacidad que presenta cada individuo para emocionarse, gozar y a la vez reír, y compartir con alegría. Por lo que se relaciona directamente con el juego, lo que requiere de un proceso de enseñanza y aprendizaje apropiado para el individuo, en lo que corresponde a la ense nanza de la física ya que se centra en la experimentación y la observación en una relación de lo teórico-práctico propiciando un aprendizaje significativo.

Arnaldo de la Barrera
Facultad de Ciencias Básicas
Universidad de Pamplona, Colombia

Teroemas de descompocisión de Kolmogorov y Naimark

El objetivo de este trabajo es presentar algunos resultados conocidos respecto a la descomposición de núcleos definidos positivos a valores operadores. En primer lugar se presenta una versión de un resultado clásico de Kolmogorov referente a un núcleo arbitrario. A continuación se presenta una versión dada por Evans y Lewis ver ([3, Teorema 3.2]), de un resultado clásico de Naimark [5] referente a la descomposición de núcleos de Toeplitz ordinarios. Finalmente se da una prueba del teorema de descomposición de Naimark para el caso de los núcleos de Toeplitz generalizados.

References

[1] Rodrigo A. "On Generalized Toeplitz Kernels and their Relation with a Paper of Adamjan, Arov and Krein". In: *Functional Analysis, Holomorphy and Approximation Theory II*. Ed. by Guido I. Zapata. Vol. 86. North-Holland Mathematics Studies. North-Holland, 1984, pp. 1–22. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0304-0208(08)70819-3. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304020808708193.

[2] R. Arocena and M. Cotlar. "Generalized Toeplitz Kernels and Adamjan-Arov-Krein Moment Problems". English. In: *Toeplitz Centennial*. Ed. by I. Gohberg. Vol. 4. Operator Theory: Advances and Applications. Birkhäuser Basel, 1982, pp. 37–55. ISBN: 978-3-0348-5184-8. DOI: 10.1007/978-3-0348-5183-1_3. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-5183-1_3.

[3] T. Constantinescu. *Schur Parameters, Factorization And Dilation Problems*. Operator theory. Springer, 1996. ISBN: 9783764352851.

[4] A. De La Barrera and Ferrer O. "Descomposición de núcleos de Toeplitz generalizados". Spanish. In: *Matemáticas: Enseñanza Universitaria* 19 (2011), pp. 89–99.

[5] D.E. Evans and J.T. Lewis. *Dilations of Irreversible Evolutions in Algebraic Quantum Theory*. Communications : ser. A. Dublin Institute for Advanced Studies, 1977.

[6] M.A. Naimark. "On the second-kind self-adjoint extensions of a symmetric operator". In: *Izv. Akad. Nauk SSSR* 4.1 (1940), pp. 53–104.

Rubén F. Duque
Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia

Las transformaciones de Lorentz como una isometria en el espacio tiempo Minkoswkiano

El presente poster muestra como las transformaciones de Lorentz son una isometría en el espacio tiempo Minkoswkiano y cumple con las propiedades fundamentales de estos objetos matemáticos; las cuales tienen unas implicaciones fundamentales en la estructura geométrica del espacio tiempo de la teoría especial de la relatividad. En este orden de ideas, las traslaciones, las rotaciones y las reflexiones, describen el comportamiento de partículas en el tejido espacio-temporal, lo cual es clave para el entendimiento de la relatividad existente entre dos objetos puntuales que se mueven a la velocidad de la luz o a velocidades cercanas a ésta.

Palabras Clave. Isometría, espacio-tiempo, transformaciones de Lorentz.

Participantes.
John F. Salas R. Esp. En física. Esp. en docencia universitaria, Universidad Coopertiva de Colombia.
Rubén F. Duque S. Esp. En Didáctica de la Matemática, Universidad Valles del Momboy.
Sebastián Quimbayo. Estudiante de 9no semestre Universidad Distrital.

Jonathan Pérez
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, BOGOTÁ, COLOMBIA

TBA

Carlos Pinilla
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, BOGOTÁ, COLOMBIA

Tasas de Blow-up en espacios de Sobolev para las ecuaciones de Navier Stokes

Un camino para probar la regularidad de Navier-Stokes es caracterizar soluciones singulares, para luego mostrar que alguna de estas condiciones no se cumple. Estos resultados a presentar van en esta dirección, estableciendo que una solución a Navier-Stokes tiene cierto tiempo límite para presentar blow-up, si ella sobrepasa ese tiempo sin presentar blow-up no lo hará en el futuro. Estas tasas de blow-up fueron propuestas por Jean Leray en su artículo *Sur le movement d'un liquide visqueux l'emplissant de l'espace*

(1933) que hasta la fecha es considerado una de las más grandes contribuciones hacia el problema de regularidad en las ecuaciones de Navier-Stokes.

Yeisson Fabián Prada Sierra
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

El presente poster tiene por objetivo aplicar la visión de geometría propuesta por Felix Klein, en el programa Erlangen, a la teoría de la relatividad especial de Einstein. La visión de geometría que Klein postulaba consistía en ver a cada geometría como el estudio de unas propiedades que permanecen invariantes cuando se les aplica un tipo de transformaciones que tienen estructura de grupo, bajo la operación de composición de funciones. Él afirmaba que cada geometría está asociada a un grupo de transformaciones y además que a cada grupo de transformaciones se le puede construir una geometría; cabe preguntarse entonces si se puede hacer lo mismo con las transformaciones que posee la relatividad especial. Para dar una respuesta clara e incluir las ideas geométricas de F. Klein en la teoría de la Relatividad especial, es necesario comprender su comportamiento geométrico y físico (lo que incluye exponer el grupo de transformaciones propio de la Relatividad especial). Para el desarrollo del objetivo central del poster se utilizara el formalismo matemático de la teoría de grupos y del programa Erlangen, además de elementos de la relatividad especial, como son las transformaciones de Lorentz, el espacio-tiempo de Minkowsky y la invarianza del intervalo espacio temporal. A modo de conclusión, el análisis que se realizó muestra que la Geometría propia de la Relatividad Especial cumple con las afirmaciones que Felix Klein hizo, basado en la teoría de Grupos, sobre la geometría de la época.

Catalina Rúa
FACULTAD DE CIENCIES BÁSICAS, UNIVERSIDAD DE NARIÑO, COLOMBIA

Discretización matricial conservativa para la ecuación de Poisson en mallas bloco estructuradas

Diversos problemas modelados matemáticamente por ecuaciones en derivadas parciales necesitan de mallas especiales particularmente finas para capturar fenómenos importantes, muchas veces, restrictos a regiones relativamente pequeñas del dominio computacional. La discretización en mallas uniformes propaga esta necesidad de mallas final para todo el dominio, haciendo la resolución numérica ineficiente. Como una alternativa, el uso de mallas con refinamiento localizado concentra el esfuerzo computacional en las regiones de mayor interés [1, 6].
La obtención explícita de una matriz que represente el conjunto de ecuaciones lineales resultantes de la discretización espacial del problema en estas mallas es muy útil ya que, al tenerse esta matriz disponible, se tiene acceso a librerías gratuitas de álgebra alineal numérica que contienen métodos numéricos variados para la resolución de estas ecuaciones tanto de forma serial como de forma paralela, como por ejemplo la librería PETSc. Aunque usualmente se ha trabajado en discretizaciones sobre esta clase de mallas, usando métodos sin matrices (free-matrizes), en los últimos años se esta explorando con esta nueva opción matricial [4, 5].
Al discretizar ecuaciones diferenciales usando diferencias finitas en mallas adaptativas estructuradas localmente, para no tener que variar el estencil de la aproximación usada según si se encuentra en una malla refinada o en una malla con espaciamiento mayor, se usan interpolaciones de células fantasmas. Según el orden de estas interpolaciones se afecta o no el orden de la discretización, lo cual afecta el comportamiento de la matriz. En el caso de la ecuación de Poisson, la discretización debe ser conservativa y tiene un cuidado especial para que se mantenga el segundo orden de discretización [3].
En este Poster será mostrado como obtenerse y como resolver el sistema lineal relacionado con la discretización de la ecuación de Poisson con coeficientes variables, en una malla adaptativa con refinamiento localizado para condiciones de contorno de Neumann, Dirichlet o periódicas en un dominio bidimensional.

$$\nabla \cdot (\omega(x,y)\nabla\phi(x,y)) = f(x,y)$$

donde $f(x,y)$ es un término forzante, $\omega(x,y)$ es una función definida según la aplicación, y $\phi(x,y)$ define la variable incógnita. Presentarémos a demos algunas soluciones numéricas encontradas, propiedades de las matrices esparcidas que obtuvimos y la solución con diferentes métodos numéricos como el método del Gradiente Biconjugado Estabilizado perteneciente a la librería PETSc.

Joint with Alexandre M. Roma, Departamento de Matemática Aplicada Universidade de Sao Paulo SP - Brasil.

References

[1] M. J. Aftosmis, M. J. Berger, and S. M. Murman. "Applications of space-filling curves to Cartesian methods for CFD". In: *AIAA Paper* 1232 (2004), p. 2004.

[2] M.J. Berger and P. Colella. "Local adaptive mesh refinement for shock hydrodynamics". In: *Journal of Computational Physics* 82.1 (1989), pp. 64–84. ISSN: 0021-9991. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0021-9991(89)90035-1. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0021999189900351.

[3] D. F. Martin and K. L. Cartwright. *Solving Poisson's equation using adaptive mesh refinement.* Electronics Research Laboratory, College of Engineering, University of California, 1996.

[4] A. Pletzer, B. Jamroz, R. Crockett, and S. Sides. "Compact cell-centered discretization stencils at fine-coarse block structured grid interfaces". In: *Journal of Computational Physics* 260 (2014), pp. 25–36. ISSN: 0021-9991. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2013.12.020. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002199911300819X.

[5] Y. Saad. *Iterative Methods for Sparse Linear Systems: Second Edition.* Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM, 3600 Market Street, Floor 6, Philadelphia, PA 19104), 2003. ISBN: 9780898718003.

[6] J.C. Strikwerda. *Finite Difference Schemes and Partial Differential Equations.* SIAM e-books. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM, 3600 Market Street, Floor 6, Philadelphia, PA 19104), 2004. ISBN: 9780898717938.

Emilio Torres
Department of Physics, Universität zu Köln, Alemania

From Symmetry Classes of Random Matrices to Topological Insulators

The classification of random matrices by symmetries led to a new interpretation of free gapped fermion phases in terms of vector bundles, inspired in part by the success of the TKNN theory for the quantum Hall Effect [4]. The K-theoretical description of such objects and the topological invariants associated with them indicates that ground states in different equivalence classes are related to each other in a nontrivial way [3]. Although dimensional reduction can be achieved in a fairly straightforward fashion [2], little is known about the converse process. In this work, we report on the finding of a homeomorphism [1] that, given a ground state for a fermionic system with s symmetries in dimension d, produces a ground state in a different class with $s + 1$ symmetries in dimension $d + 1$.

Joint with R. Kennedy and M. Zirnbauer.

References

[1] R. Kennedy and M. Zirnbauer.

[2] S. Ryu, A. P. Schnyder, A. Furusaki, and A. W. W. Ludwig. "Topological insulators and superconductors: tenfold way and dimensional hierarchy". In: *New Journal of Physics* 12.6 (2010), p. 065010. URL: http://stacks.iop.org/1367-2630/12/i=6/a=065010.

[3] M. Stone, C.-K. Chiu, and A. Roy. "Symmetries, dimensions and topological insulators: the mechanism behind the face of the Bott clock". In: *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 44.4 (2011), p. 045001. URL: http://stacks.iop.org/1751-8121/44/i=4/a=045001.

[4] D. J. Thouless, M. Kohmoto, M. P. Nightingale, and M. den Nijs. "Quantized Hall Conductance in a Two-Dimensional Periodic Potential". In: *Phys. Rev. Lett.* 49 (6 Aug. 1982), pp. 405–408. DOI: 10.1103/PhysRevLett.49.405. URL: http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.49.405.

Monday, May 26th (Room: B-202)

8:00 – 9:00	*Registration*
9:00 – 9:15	*Opening*
9:15 – 10:15	Uzy Smilansky: *The Spectral Statistics of Some Graph Ensembles and Random Matrix Theory I*
10:15 – 11:15	Satya Majumdar: *Microscopical Eigenvalue Statistics fo Random Matrices I*
11:15 – 11:45	Break
11:45 – 12:45	Zdzisław Burda: *Macroscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices I*
12:45 – 14:00	Lunch Break
14:00 – 15:00	Problem Session
15:00 – 15:30	Break
15:30 – 16:10	Leonardo Cano: *Surfaces of infinite genus with singular continuous spectrum*
16:10 – 16:50	Alejandro Ferrero: *Fermionic and bosonic concentraton in a translationally invariant chain*

Tuesday, May 28th (Room: B-202)	
9:00 – 10:00	Uzy Smilansky: *The Spectral Statistics of Some Graph Ensembles and Random Matrix Theory II*
10:00 – 11:00	Satya Majumdar: *Microscopical Eigenvalue Statistics fo Random Matrices II*
11:00 – 11:30	Break
11:30 – 12:30	Zdzisław Burda: *Macroscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices II*
12:30 – 14:00	Lunch Break
14:00 – 14:40	Diego González: *On the partial relation between random matrices and some non-equilibrium systems*
14:40 – 15:20	Juan Pablo Mallarino: *Weak couplings in the one-component plasma in two dimensions for a disk with a centered impenetrable neutralizing charge*
15:20 – 15:50	Break
15:50 – 16:50	Problem Session
17:30 –	Poster Session & refreshments (*Edificio IP*)

Wednesday, May 29th (Room: B-202)

9:00 – 10:00	Uzy Smilansky: *The Spectral Statistics of Some Graph Ensembles and Random Matrix Theory III*
10:00 – 11:00	Satya Majumdar: *Microscopical Eigenvalue Statistics fo Random Matrices III*
11:00 – 11:30	Break
11:30 – 12:30	Zdzisław Burda: *Macroscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices III*

Thursday, May 30th (Room: B-202)

9:00 – 10:00	Uzy Smilansky: *The Spectral Statistics of Some Graph Ensembles and Random Matrix Theory IV*
10:00 – 11:00	Satya Majumdar: *Microscopical Eigenvalue Statistics fo Random Matrices IV*
11:00 – 11:30	Break
11:30 – 12:30	Zdzisław Burda: *Macroscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices IV*
12:30 – 14:00	Lunch Break
14:00 – 14:40	José Mejía: *The distance between two random mixed quantum states: exact and asymptotic spectral analysis*
14:40 – 15:20	Armando Reyes: *Probability, Topological Semigroups and Random Matrices*
15:20 – 15:50	Break
15:50 – 16:50	Problem Session

Friday, May 31st (Room: B-202)	
9:00 – 10:00	Uzy Smilansky: *The Spectral Statistics of Some Graph Ensembles and Random Matrix Theory V*
10:00 – 11:00	Satya Majumdar: *Microscopical Eigenvalue Statistics fo Random Matrices V*
11:00 – 11:30	Break
11:30 – 12:30	Zdzisław Burda: *Macroscopic Eigenvalue Statistics of Random Matrices V*
12:30 – 14:00	Lunch Break
14:00 – 15:00	Problem Session
15:00 – 15:30	Break
15:30 – 16:10	Jean Carlos Cortissoz: *Funciones armónicas en superficies*

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
8:00 – 9:00	Registration				
9:00 – 10:00	U. Smilansky	U. Smilansky	U. Smilansky	U. Smilansky	U. Smilansky
10:00 – 11:00	S. Majumdar	S. Majumdar	S. Majumdar	S. Majumdar	S. Majumdar
11:00 – 11:30	*Break*	*Break*	*Break*	*Break*	*Break*
11:30 – 12:30	Z. Burda	Z. Burda	Z. Burda	Z. Burda	Z. Burda
12:30 – 14:00	*Break*	*Break*		*Break*	*Break*
	14:00 – 15:00 Problem Session	14:00 – 14:40 D. González		14:00 – 14:40 J. Mejía	14:00 – 15:00 Problem Session
	15:00 – 15:30 *Break*	14:40-15:20 J.P. Mallarino		14:40-15:20 A. Reyes	15:00 – 15:30 *Break*
	15:30-16:10 L. Cano	15:20 – 15:50 *Break*		15:20 – 15:50 *Break*	15:30-16:10 J. Cortissoz
	16:10-16:50 A. Ferrero	15:50 – 16:50 Problem Session		15:20 – 15:50 Problem Session	
		17:30 Poster Session			