

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Presentación curso de postgrado

Año	2019	Semestre	segundo
Nombre del Curso			
Temas avanzados en cuántica y complejidad			
Profesor Responsable (indicando las horas que participa en el dictado de clases)			
Dra Mariela PORTESI (FCE, UNLP & IFLP, CONICET) - 4 horas			
Docentes Participantes (indicando las horas que participa en el dictado de clases)			
Dr Jorge G. HIRSCH (Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, Mexico) - 8 horas			
Dr Steeve ZOZOR (GIPSA-Lab, Univ. de Grenoble, Francia) - 6 horas			
Dr Andrés M. KOWALSKI (IFLP, CONICET-UNLP) - 3 horas			
Dr Federico HOLIK (IFLP, CONICET-UNLP) - 3 horas			
Dr Gustavo Martín BOSYK (IFLP, CONICET-UNLP & Univ. di Cagliari, Italia) - 3 horas			
Dr Guido BELLOMO (UBA) - 3 horas			
Duración Total (en horas)	30		
Modalidad (Teórico, teórico-práctico, seminario, etc)	Teórico. Seminarios.		
Tipo de evaluación prevista	Exposición de trabajo sobre un tema seleccionado.		
Especificación clara si se lo considera válido para cubrir exigencias del Doctorado.			
Si, se considera válido para las exigencias del Doctorado de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP.			
Fecha de dictado	Noviembre- Diciembre	Cupo de alumnos	sin cupo
Inscripción desde	Septiembre	Hasta el día	inicio del curso
Exigencias y requisitos de inscripción			
Estudiantes de posgrado de las carreras de la Facultad de Ciencias Exactas. Podrán participar también alumnos de grado avanzados de las licenciaturas de Física y Matemática, y estudiantes de carreras afines.			

Arancelamiento				
NO	X	SÍ		Montos
Destino de los fondos				
Mecanismo de pago				
Breve resumen de los objetivos y contenidos				
<p>En este curso se presentarán tópicos actuales en el área de información cuántica y teorías de complejidad, con énfasis en la descripción de la dinámica para sistemas clásicos y cuánticos. Se brindarán las bases que posibiliten al estudiante interiorizarse en los temas de estas disciplinas y sus aplicaciones. Se abordarán los siguientes contenidos, en seminarios impartidos por docentes-investigadores expertos en estas temáticas: Elementos introductorios a la teoría de la información, información, desigualdades y relaciones de incerteza; Probabilidades cuánticas y contextualidad; Geometría de la información cuántica; Teoría de la mayorización y su aplicación en problemas de información cuántica; Correlaciones cuánticas y sus medidas; Dinámica semicuántica, disipación y caos; Dinámica clásica y cuántica.</p>				
Contacto con el responsable				
Dirección	Dpto de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP & IFLP			
Teléfono	221 4246062 / 6443202	Fax		
Correo electrónico	portesi@fisica.unlp.edu.ar			

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS - UNLP

CURSO DE POSGRADO: “Temas avanzados en cuántica y complejidad”

PROGRAMA

Elementos introductorios a la teoría de la información: Información, desigualdades y relaciones de incerteza (S. Zozor)

- Entropía – medida de incerteza:

Axiomas, entropía de Shannon, propiedades. Entropía diferencial – caso vectorial. Otras medidas de información

- Información mutua – divergencias:

Entropía condicional, información mutua. Divergencias. Ejemplos

- Desigualdades – relaciones entre entropías:

Desigualdades usuales. Cadenas de Markov. Desigualdad de la potencia entrópica. Estimación, relaciones entre medidas de información

- Entropía y cuántica:

Heisenberg y versiones entrópicas. Desde versiones entrópicas hasta versiones con momentos estadísticos. Entropías cuánticas y propiedades

Referencias:

T.M. Cover and J.A. Thomas (2006). *Elements of Information Theory* (2nd ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Probabilidades cuánticas y contextualidad (F. Holik)

- Probabilidad Clásica: definición y propiedades.

- Probabilidad Cuántica: definición y propiedades. Comparación con probabilidad clásica. Posibles interpretaciones.

- Contextualidad y modelos probabilísticos generalizados.

Referencias:

M. Redei and S. Summers, “Quantum probability theory”, [*Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, Volume 38, Issue 2](#), (2007), Pages 390-417.

F. Holik, S. Fortin, G. Bosyk and A. Plastino, “On the Interpretation of Probabilities in Generalized Probabilistic Models”. In: de Barros J., Coecke B., Pothos E. (eds) *Quantum Interaction. QI 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10106. Springer, Cham, (2017).

Geometría de la información cuántica (M. Portesi)

- Geometría de la información: nociones de geometría diferencial, variedad Riemanniana, tensor métrico. Matriz de información de Fisher.

- Geometría de la información para sistemas cuánticos. Distancia entre estados cuánticos y medidas de distinguibilidad entre estados. Estructura geométrica del espacio de estados cuánticos inducida por una divergencia cuántica.

Referencias:

I. Bengtsson and K. Życzkowski (2017). *Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement*. Cambridge: Cambridge University Press

S.-I. Amari and H. Nagaoka (2000). *Methods of Information Geometry*. Rhode Island: Oxford University Press.

S. Amari. *Information Geometry and Its Applications*. Applied Mathematical Sciences. Springer Japan 2016.

P.W. Lamberti, M. Portesi, S. Zozor (2019). *Geometría e información*. (en redacción)

Teoría de la mayorización y su aplicación en problemas de información cuántica (G.M. Bosyk)

- Introducción a la teoría de mayorización: Definición y propiedades básicas de mayorización entre vectores de probabilidad, Curva de Lorenz; Matrices doblemente estocásticas; Funciones Schur-cóncavas y entropías generalizadas; Propiedades de orden y el retículo de mayorización, Métrica asociada al retículo; Matrices hermíticas y el teorema de Schur-Horn.

- Aplicaciones en información cuántica de la noción de orden parcial de la teoría de mayorización: Teorema de clasificación de ensamblajes; Mayorización entre matrices densidad y teorema de Uhlmann; Criterio de entrelazamiento a partir de consideraciones orden de los estados separables globalmente y localmente; Transformaciones de entrelazamiento por medio de operaciones locales y comunicación clásica; Principio y relaciones de incerteza.

Referencias:

A. W. Marshall, I. Olkin and B. Arnold (2010). *Inequalities: Theory of Majorization and Its Applications*. New York: Academic Press.

M.A. Nielsen and G. Vidal (2001). "Majorization and the interconversion of bipartite states". *Quantum Information & Computation*, 1: 76-93.

Correlaciones cuánticas y sus medidas (G. Bellomo)

- Correlaciones cuánticas. Caracterización de los estados clásicos (clásicamente correlacionados). Jerarquía de correlaciones en estados cuánticos de sistemas compuestos (no-localidad, entrelazamiento, etc.). Correlaciones cuánticas en estados no entrelazados.
- Medidas de correlaciones cuánticas. Medidas basadas en la geometría del espacio de estados. Medidas informacionales.
- Interpretaciones operacionales y aplicaciones. Protocolos informacionales y de comunicación (distribución del entrelazamiento, preparación remota de estados, transmisión local). Metrología (estimación y discriminación de estados).

Referencias:

- Adesso G. et al (2016). "Measures and applications of quantum correlations." J. Phys. A: Math. Theor. 49 473001.
- Modi K. et al (2012). "The classical-quantum boundary for correlations: Discord and related measures", Rev. Mod. Phys. 84 1655.

Dinámica semicuántica. Disipación y caos. (A. Kowalski)

- Descripción del modelo: Interacción de grados de libertad cuánticos y clásicos. Conservación de propiedades cuánticas.
- Disipación cuántica. Ejemplos: Sistema cuadrático. Dinámica no lineal de la interacción de la materia con un campo electromagnético.
- Límite clásico de la dinámica cuántica. Caos y Principio de Incerteza.
- Utilización de cuantificadores de información.

Referencias:

- "Semiclassical model for quantum dissipation", A.M. Kowalski, A. Plastino and A.N. Proto, Phys. Rev. E 52, 165 (1995).
- "A semiclassical statistical model for quantum dissipation", A.M. Kowalski, A. Plastino and A.N. Proto, Physica A 236, 429 (1997).
- "Semiquantum chaos and the uncertainty principle", A.M. Kowalski, M.T. Martin, J. Nuñez, A. Plastino and A.N. Proto, Physica A 276, 95 (2000).
- "Classical Limits", A.M. Kowalski, A. Plastino and A.N. Proto, Phys. Lett. A 297, 162 (2002).
- "Classical limit and chaotic regime in a semi-quantum hamiltonian", A.M. Kowalski, M.T. Martin, A. Plastino, and A.N. Proto, International Journal of Bifurcation and Chaos 13 No. 8, 2315 (2003).
- "Bandt – Pompe approach to the classical – quantum transition", A.M. Kowalski, M.T. Martin, A. Plastino and O. A. Rosso, Physica D 233, 21 (2007).
- "The interaction between matter and a field's single-mode as a quantum game", A.M. Kowalski, A. Plastino, Physica A 387, 5065 (2008).

“On Extracting Probability Distribution Information from Time Series”, Andres M. Kowalski, Maria Teresa Martin, Angelo Plastino and George Judge, *Entropy*, 14, 1829 (2012).

“Betting on dynamics”, A.M. Kowalski. *Physica A* 458 106–114 (2016).

“Quantum remnants in the classical limit”, A.M. Kowalski, A. Plastino, *Phys. Lett. A* 380, 3155 (2016).

“Nonlinear dynamics of a semiquantum Hamiltonian in the vicinity of quantum unstable regimes”, A.M. Kowalski, R. Rossignoli, *Chaos, Solitons & Fractals* 109, 140-145 (2018).

“Complexity of a matter-field Hamiltonian in the vicinity of a quantum instability”, A.M. Kowalski, A. Plastino, R. Rossignoli, *Physica A*, 513, 767 (2019).

“Deformed Tsallis-statistics analysis of a complex nonlinear matter–field system”, A.M. Kowalski, A. Plastino, *Physica A*, 519, 267 (2019).

“A nonlinear matter-field Hamiltonian analyzed with Renyi and Tsallis statistics”, A.M. Kowalski, A. Plastino, *Physica A*, 535, 122387 (2019).

Dinámica clásica y cuántica (J.G. Hirsch)

Probabilidad y azar en mecánica cuántica:

- Contextualidad y no localidad.
- Violación de las desigualdades de Bell-CHSH
- Azar intrínseco en mecánica cuántica.
- Generación de números al azar empleando detección de fotones

Descripción semiclásica de modelos cuánticos algebraicos

- estados coherentes HW (oscilador armónico) y SU(2) (rotor),
- Hamiltonianos (semi)clásicos a partir de los cuánticos,
- transiciones de fase cuánticas a temperatura cero.
- Relación con las teorías de campo medio.
- La aproximación de campo medio falla en las transiciones de fase.

Sistemas átomo – campo.

- Aproximaciones
- Hamiltonianos de Tavis-Cummings y Dicke
- Transiciones de fase del estado base y de estados excitados.

Caos clásico y cuántico

- dinámica clásica regular y caótica.
- Indicadores de caos clásico: secciones de Poincaré y exponentes de Lyapunov.
- Indicadores de caos cuántico I: propiedades espectrales, probabilidad de supervivencia, comparación con la dinámica clásica.
- Indicadores de caos cuántico II: exponentes de Lyapunov cuánticos, OTOC y FOTOC.

Referencias:

Azar cuántico

- How random are random numbers generated using photons?, A Solis, A M Angulo Martínez, R Ramírez Alarcón, H Cruz Ramírez, A B U'Ren, Jorge G. Hirsch *Phys. Scr.* 90 (2015) 074034.
- Systematic afterpulsing-estimation algorithms for gated avalanche photo- diodes. C Wiechers, R Ramírez-Alarcón, O R Muñoz-Sánchez, P Daniel Yépez, A Arredondo-Santos, J G Hirsch and A B

U'Ren *Applied Optics* 55 (2016) 7252-7264.

- Improving randomness characterization through Bayesian model selection R Díaz-H.R., A Solís, A M Angulo Martínez, A B U'Ren, J G Hirsch, Matteo Marsili, I Pérez Castillo *Sc. Rep.* 7 (2017) 3096.
- Advanced Statistical Testing of Quantum Random Number Generators A C Martínez, A Solís, R Díaz Hernández Rojas, A B U'Ren, J G Hirsch and I Pérez Castillo *Entropy* 20 (2018) 886.

Transiciones de fase cuánticas: el rotor cuántico

- Phase transitions and accidental degeneracy in nonlinear spin systems O Castaños, R López-Peña, J G Hirsch, and E López- Moreno. *Phys. Rev. B* 72 (2005) 012406 - 1/4.
- Classical and quantum phase transitions in the Lipkin-Meshkov-Glick model. O Castaños, R López-Peña, J G Hirsch, and E López- Moreno. *Phys. Rev. B* 74 (2006) 104118.
- Hartree-Fock description of spin systems. J G Hirsch, O Castaños, R López-Peña, O Jiménez and E López-Moreno. *Rev.Mex.Fis.* 53S (2007) 41-47
- Single Molecule Magnets and the Lipkin-Meshkov-Glick model, J A Campos, J G Hirsch, *Rev. Mex. Fis.* 57 (2011) 56-61.
- Virtues and limitations of the truncated Holstein-Primakoff description of quantum rotors, J G Hirsch, O Castaños, E Nahmad-Achar, and R López-Peña, *Phys. Scr.* 87 (2013) 038106.

Transiciones de fase cuánticas: Sistemas átomo-campo

- Analytic approximation of the Tavis-Cummings ground state via projected states O Castaños, R López-Peña, E Nahmad-Achar, J G Hirsch *Physica Scripta* 80 055401 (2009).
- No singularities in observables at the phase transition in the Dicke model, O Castaños, E Nahmad-Achar, R López-Peña, and J G Hirsch, *Phys. Rev. A* 83 (2011) 051601(R).
- Superradiant Phase in Field-Matter Interactions, O Castaños, E Nahmad-Achar, R López-Peña, and J G Hirsch, *Phys. Rev. A* 84 (2011) 013819; *errata: Phys. Rev. A* 84 (2011) 049901(E).
- Universal Critical Behavior in the Dicke Model, O Castaños, E Nahmad-Achar, R López-Peña, and J G Hirsch, *Phys. Rev. A* 86 (2012) 023814.
- Mathematical Methods in Quantum Optics: the Dicke Model, E Nahmad-Achar, O Castaños, R López-Peña, and J G Hirsch *Phys. Scr.* 87 (2013) 038114.
- Comparative quantum and semi-classical analysis of Atom-Field Systems I: density of states and excited-state quantum phase transitions M A Bastarrachea-Magnani, S Lerma-Hernández, and J G Hirsch *Phys. Rev. A* 89 (2014) 032101.
- Efficient basis for the Dicke Model I: theory and convergence in energy, M A Bastarrachea-Magnani and J G Hirsch *Phys. Scr.* T160 (2014) 014005.
- Efficient basis for the Dicke Model II: wave function convergence and excited states, J G Hirsch and M A Bastarrachea-Magnani *Phys. Scr.* T160 (2014) 014018.
- Thermal and Quantum Phase Transitions in Atom-Field Systems: a Microcanonical Analysis, M A Bastarrachea-Magnani, S Lerma-Hernández and J G Hirsch *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment (JSTAT)* 2016 (2016) 093105.
- Fenómenos críticos en sistemas átomo-campo, Tesis de Doctorado de Miguel Angel Bastarrachea Magnani, UNAM, México (2016).
- Adiabatic invariants for the regular region of the Dicke model. M A Bastarrachea-Magnani, A Relaño, S Lerma-Hernández, B López- del-Carpio, J Chávez-Carlos, and J G Hirsch *J. Phys. A:* 50 (2017) 144002.
- Survival probability of coherent states in regular regimes, S Lerma-Hernández, J Chávez-Carlos, M A Bastarrachea- Magnani, L F Santos, and J G Hirsch. *J. Phys. A: Math. Theor.* 51 (2018) 475302.

Caos clásico y cuántico

- Comparative quantum and semi-classical analysis of Atom-Field Systems II: Chaos and regularity M A Bastarrachea-Magnani, S Lerma-Hernández, and J G Hirsch *Phys. Rev. A* 89 (2014) 032102.
- Classical chaos in atom-field systems. J Chávez-Carlos, M A Bastarrachea-Magnani, S Lerma-Hernández and J G Hirsch *Phys. Rev. E* 94 (2016) 022209.
- Regularity and chaos in cavity QED, M A Bastarrachea-Magnani, B López-del-Carpio, J Chávez-Carlos, S Lerma-Hernández, J G Hirsch. *Phys. Scr.* 92 (2017) 054003, *Focus issue: Class.to Quant.*
- Caos en sistemas átomo-campo, Tesis de Doctorado de Jorge Chávez Carlos, UNAM, México (2018)
- Quantum and Classical Lyapunov Exponents in Atom-Field Interaction Systems, J Chávez-Carlos, B. López-del-Carpio, M A Bastarrachea- Magnani, P Stránsky, S Lerma-Hernández, L F Santos, and J G Hirsch. *Phys. Rev. Lett.* 122 (2019) 024101.