

Quantum Science and Artificial Intelligence for Fundamental Physics

Report of Contributions

Contribution ID: 1

Type: **Poster session**

La IA en la Geografía Física para la gestión sustentable de los Servicios Ecosistémicos del suelo en la relación Cuenca - Ciudad

La ponencia aborda el papel transformador de la inteligencia artificial (IA) en la gestión sustentable de los servicios ecosistémicos del suelo, específicamente en la interfaz entre las cuencas hidrográficas y las áreas urbanas. La relación entre estos dos entornos es crucial para mantener la calidad del agua, la biodiversidad y la resiliencia ante el cambio climático. La IA emerge como una herramienta innovadora que permite optimizar el monitoreo, la planificación y la toma de decisiones en estos contextos complejos y dinámicos.

Se presenta como algoritmos de aprendizaje automático y análisis de datos satelitales facilitan la detección temprana de procesos de degradación del suelo, erosión y pérdida de biodiversidad. Además, la IA ayuda a modelar escenarios futuros, considerando variables climáticas, urbanísticas y ecológicas, permitiendo a los gestores diseñar estrategias de intervención más efectivas y sostenibles. La integración de sensores inteligentes en el suelo y en cuerpos de agua proporciona datos en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta ante eventos extremos y promoviendo una gestión adaptativa. Adicionalmente, el conocimiento taxonómico del suelo, permite enfocar de manera precisa el manejo adecuado, la IA coayuda en la sinterización de geodatos para formentar la salud local, regional y global.

Asimismo, se discuten casos de estudio donde la aplicación de la IA ha contribuido a mejorar la conservación de servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica, la fertilidad del suelo y la protección de hábitats naturales en zonas periurbanas. La ponencia destaca la importancia de la colaboración interdisciplinaria y la participación comunitaria para potenciar los beneficios de estas tecnologías. Finalmente, se enfatiza que la incorporación de la IA en la gestión de los ecosistemas del suelo no solo favorece la sostenibilidad ambiental, sino que también promueve la planificación urbana más resiliente y consciente del entorno natural.

Author: MONTOYA ROJAS, Grace Andrea (Universidad Nacional de Colombia)

Presenter: MONTOYA ROJAS, Grace Andrea (Universidad Nacional de Colombia)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 2

Type: **Poster session**

Error Mitigation via Phase Estimation in Superconducting Quantum Processors

Quantum phase estimation (QPE) is a key quantum algorithm for performing chemical and solid-state computations in fault-tolerant quantum computers. Recently, several authors have proposed alternatives to QPE that have advantages in early fault-tolerant devices, including shorter circuits and better suitability for error mitigation techniques. However, practical implementations of the algorithm on real quantum processors are lacking. In this work, we implemented phase estimation in superconducting processors. Specifically, we use the quantum Fourier transform to reduce the circuit depth. We use bit-flip bit-read error mitigation strategies. We propose a simple method for estimating energies from phase estimation data, which improves the accuracy of the final energy estimates by one to two orders of magnitude over previous theoretical limits, reducing the cost of performing accurate phase estimation calculations. Our work demonstrates that the estimation has a natural resistance to noise, especially after mitigating coherent errors, and can achieve much higher accuracy than previous methods suggested, demonstrating its potential as a valuable quantum algorithm for early fault-tolerant devices.

Author: Mr BELLO REYES, Cristian Eliecer (Universidad Nacional de Colombia)

Co-author: Prof. MONTOYA CAÑOLA, Alcides De Jesús (Universidad Nacional de Colombia)

Presenter: Mr BELLO REYES, Cristian Eliecer (Universidad Nacional de Colombia)

Contribution ID: 3

Type: **Poster session**

An Approximation to the Cometary Background Temperature

The temperature of the cometary background is a parameter associated with the physics of cometary microwave background radiation, which, analogously to the cosmic microwave background radiation, is based on Max Planck's theory of black body radiation and its postulate. of energy quantization, concepts that originated quantum physics.

The physics of cometary microwave background radiation is strictly necessary to conceptually, mathematically and computationally analyze radio astronomical observations of comets. Despite its transcendental importance, comet science does not have a formal model.

An argument is presented that results from the combination of astronomical observations and approximations from the energy balance equation to infer the value of the cometary background temperature and subsequently build the cometary microwave background radiation model and from the results propose future observations.

Author: Dr DEAZA, Pedro Ignacio (Universidad Distrital Francisco José De Caldas)

Presenter: Dr DEAZA, Pedro Ignacio (Universidad Distrital Francisco José De Caldas)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 4

Type: **Poster session**

Estado del arte de las redes neuronales cuánticas informadas por la física (QPINN) para resolver EDPs

Este trabajo evalúa, el potencial de las redes neuronales cuánticas informadas por la física (QPINN) para resolver ecuaciones diferenciales parciales (EDPs), con énfasis en la arquitectura híbrida QCPINN (Farea et al., 2025). La metodología consiste en una revisión crítica con comparación por arquitectura (en circuitos de variable discreta), esquema de $\textit{embedding}$ y topología; en la formulación de pérdidas informadas por la física basadas en residuales del operador y condiciones iniciales/de contorno; y en la evaluación con error L^2 y eficiencia paramétrica frente a PINNs clásicas en EDPs representativas. Los resultados reportados indican que QCPINN mantiene una exactitud comparable usando $\sim 10\%$ de los parámetros y que, en convección-difusión, puede reducir el error L^2 cerca de un 40% respecto a enfoques clásicos. Se discuten limitaciones actuales —uso predominante de simuladores, posible aparición de $\textit{barren plateaus}$ y restricciones de escalabilidad en la era NISQ—y se identifican oportunidades inmediatas como los $\textit{embeddings}$ entrenables y validación en hardware cuántico. Por último, se estudia cómo implementar simulaciones que aproximen de forma realista las condiciones de un computador cuántico, con el fin de preparar una validación futura en hardware cuántico real. En conjunto, los hallazgos respaldan que las QPINN ofrecen una vía consistente y más eficiente en parámetros para resolver EDPs sin sacrificar calidad de solución.

Authors: Dr MONTOYA, Alcides (Universidad Nacional de Colombia); Mr LUJÁN, Alejandro (Universidad Nacional de Colombia); Dr MUÑOZ, Alejandro (Universidad Nacional de Colombia); Mr RUBIO, Dante (Universidad Nacional de Colombia); Mr BECERRA, Luis (Universidad Nacional de Colombia); Mr MARTÍNEZ, Manuel (Universidad Nacional de Colombia); Dr BASTIDAS, Manuela (Universidad Nacional de Colombia); GARCIA ALVARADO, Mateo

Presenters: Mr LUJÁN, Alejandro (Universidad Nacional de Colombia); Mr RUBIO, Dante (Universidad Nacional de Colombia); Mr BECERRA, Luis (Universidad Nacional de Colombia); Mr MARTÍNEZ, Manuel (Universidad Nacional de Colombia); GARCIA ALVARADO, Mateo

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 5

Type: **Poster session**

Use of Decoy States as a Method for Increasing Security in a Quantum Key Distribution Protocol

We investigate the BB84 Quantum Key Distribution (QKD) protocol enhanced with a Vacuum+Weak decoy-state configuration through both simulation and a low-cost optical experiment. An interactive simulation built with Qiskit and Streamlit modeled key exchange under ideal, noisy, and adversarial conditions, while a separate decoy-state simulation quantified photon-number yields to reveal photon-number-splitting and beam-splitting attacks. Experimentally, a simplified free-space setup with attenuated laser pulses, polarization optics, and single-photon detectors implemented Vacuum+Weak BB84 using two mean photon numbers, enabling direct comparison of signal and decoy yields. While measured yields satisfied the expected decoy-state security conditions, observed quantum bit error rates (23–33%) exceeded the secure threshold (11%), preventing key extraction. Simulation analysis identified source instability, polarization misalignment, and suboptimal photon-number choices as key contributors to these high errors. These results illustrate both the potential and limitations of resource-constrained decoy-state QKD, and we propose improvements with stabilized lasers, matched polarization optics, fiber-coupled components, and extended simulations exploring alternative mean photon numbers, occurrence ratios, and additional QKD protocols.

Author: Mr ARIAS, Jorge (Universidad del Valle)

Co-authors: Dr REINA ESTUPIÑÁN, John Henry (Universidad del Valle); Dr CALDERÓN LOSADA, Omar (Universidad del Valle)

Presenter: Mr ARIAS, Jorge (Universidad del Valle)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 6

Type: **Poster session**

Automatic Extraction of Electrical Properties from Experimental Data through a Bayesian-initialized Hierarchical Hybrid Multi-level Optimization Strategy

This work presents an automatic framework for extracting the electrical properties of biological tissues by solving a multi-relaxation Cole–Cole model using a Bayesian-initialized, hierarchical hybrid multi-level optimization strategy. We analyze complex capacitance in the Nyquist plane, where the real and imaginary components reveal circular features; in our laboratory we have repeatedly observed semicircular patterns typical of resonant processes in nanoscale systems where quantum behavior is expected, which leads us to hypothesize that some of these features may be quantum in origin. To study those putative resonances, we adopt geometric models in the complex (Nyquist) plane that enable visualization and parametrization of resonance-like elements. The optimization framework integrates nonlinear layers that estimate parameters of individual relaxations or phase-constant elements, and a Bayesian optimization stage implemented with Optuna that assembles these elements into a coherent global model. This Bayesian stage performs parallel optimization to determine the optimal number of dispersions and their coupling points, improving convergence, model selection, and principled uncertainty quantification. The method has been validated with experimental impedance data provided by the CIMBIOS research group at Universidad Industrial de Santander (UIS).

Author: Prof. MIRANDA MERCADO, David Alejandro (Full Professor –Physics Department)

Co-author: BARRIENTOS BERMEJO, Diego Leon

Presenter: BARRIENTOS BERMEJO, Diego Leon

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 7

Type: Talk

Metrological Optimization of Spin Resonance Spectroscopy in Transmission Electron Microscopy

Recent advances in Transmission Electron Microscopy (TEM), including aberration correction, cryogenic stabilization, and ultrafast electron pulses, have pushed spatial and temporal resolution to unprecedented levels. Yet extending this precision to the detection of single spins of the investigated samples and their magnetic dynamics remains a major challenge. Here, we present a theoretical and computational framework for Spin Resonance Spectroscopy, e.g. nuclear (NMR) or electron spins (ESR) in TEM, enabling nanoscale, state-selective spin imaging through the coherent interaction of electron probes with microwave-driven spin systems.

Our model explicitly describes the coupling between free electrons and localized spins, capturing the resulting phase shifts and deflection angles in the electron wave function. Implemented within a pump-probe spin resonance scheme, it combines scattering theory with quantum metrology to determine precision limits and optimal detection strategies for both single-spin and ensemble measurements. Sensitivity is quantified via the Classical Fisher Information and compared against the Quantum Fisher Information and Helstrom bound.

We find that diffraction and imaging measurements can approach quantum-limited performance when electron backaction is negligible, corresponding to classical magnetic dipoles. In contrast, when backaction from a quantum spin becomes significant, orbital angular momentum-resolved detection restores access to quantum-limited sensitivity. Our results establish the quantum bounds of spin sensing using free-space electrons as probe particles and provide guidance for future experiments targeting spin detection and magnetic imaging, uniting the spectral selectivity of NMR and ESR with the spatial resolution of electron microscopy.

References

- [1] Antonín Jaroš, Johann Toyfl, Andrea PupiĆ Benjamin Czasch, Giovanni Boero, Isobel C. Bicket, and Philipp Haslinger, Electron spin resonance spectroscopy in a transmission electron microscope, *Ultramicroscopy* 278 (2025) 114224, arXiv:2408.16492.
- [2] Antonín Jaroš, Michael S. Seifner, Johann Toyfl, Benjamin Czasch, Isobel C. Bicket, and Philipp Haslinger, Sensing spin systems with a transmission electron microscope, arXiv:2503.06761.
- [3] P. Haslinger, S. Nimmrichter, and D. Rätzel, Spin resonance spectroscopy with an electron microscope, *Quantum Science and Technology* 9, 035051 (2024).
- [4] S. Beltran-Romero, S. Löffler, D. Rätzel, and P. Haslinger, Simulating Quantum Spin Imaging in Transmission Electron Microscopy for Pump-Probe Spin Resonance Spectroscopy, Manuscript in development
- [5] S. Beltran-Romero, M. Gaida, S. Nimmrichter, D. Rätzel, and P. Haslinger, Quantum Metrology of Spin Sensing with Free Space Electrons, arXiv:2509.14982

Author: BELTRÁN ROMERO, Santiago Steven (TU Wien Atominstitut)

Co-authors: Dr GAIDA, Michael (Institute for Complex Quantum Systems and Center for Integrated Quantum Science and Technology, Ulm University); Dr LÖFFLER, Stefan (TU Wien University Service Centre for Transmission Electron Microscopy); RÄTZEL, Dennis (TU Wien Atominstitut); Dr NIMMRICHTER, Stefan (Universität Siegen); HASLINGER, Philipp (Technische Universität Wien-Atominstitut)

Presenter: BELTRÁN ROMERO, Santiago Steven (TU Wien Atominstitut)

Contribution ID: 8

Type: **Poster session**

Simulación de circuitos fotónicos reconfigurables para la implementación de redes neuronales

Existe un interés creciente en la computación neuromórfica que ha impulsado el estudio de circuitos fotónicos capaces de emular el funcionamiento de las redes neuronales tradicionales. El cambio de plataformas electrónicas a ópticas aprovecha la naturaleza ondulatoria de la luz para realizar operaciones matemáticas en paralelo, a altas velocidades y con bajo consumo energético. Uno de estos dispositivos a destacar es el interferómetro de Mach-Zehnder, el cual puede entenderse como una neurona artificial en el dominio óptico, por lo que una red neuronal óptica puede originarse a partir del procesamiento óptico que se genera con este tipo de dispositivos.

Este trabajo se centra en el estudio del comportamiento cuántico de la luz en interferómetros Mach-Zehnder (MZI) integrados y en cómo, a partir del análisis de los principios de interferencia, se examina cómo la propagación coherente de fotones en guías de onda puede emplearse para realizar operaciones matemáticas análogas a las que ejecutan las redes neuronales convolucionales en el dominio electrónico. El estudio se desarrolla en dos etapas principales. En la primera, se modela matemáticamente el comportamiento de los interferómetros MZI considerando los efectos de fase, coherencia y acoplamiento direccional entre modos ópticos, con el fin de describir cómo estos dispositivos pueden modular la intensidad y fase de la luz para representar pesos neuronales complejos. En la segunda etapa, a partir de este modelo, se implementa una simulación computacional que emula la acción de una capa convolucional mediante una red de interferómetros en cascada, demostrando que la interferometría no solo permite realizar transformaciones lineales ópticas con alta eficiencia energética, sino que también ofrece un marco físico natural para el procesamiento paralelo de información codificada en el dominio complejo de la luz.

Authors: Dr GARCÍA ARENAS, Hans Yecid (Universidad Industrial de Santander); Dr MENESES FONSECA, Jaime Enrique (Universidad Industrial de Santander); RIVERA ORDOÑEZ, Marian Lamar (Universidad Industrial de Santander)

Presenter: RIVERA ORDOÑEZ, Marian Lamar (Universidad Industrial de Santander)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 9

Type: **Poster session**

Obtaining the Redshift of Synthetic Spectra with Machine Learning

This study presents the development, training, and validation of a 1D Convolutional Neural Network (CNN) designed to estimate redshift directly from spectral data. To support this, a synthetic dataset of 75000 spectra was generated and partitioned into training (70%), validation (15%), and testing (15%) subsets. These spectra simulate black-body radiation with temperatures ranging from 3000 K to 20000 K, redshifted across $z = 0$ to $z = 1$ within the 300 nm to 1200 nm wavelength interval. To enhance model realism and robustness, the spectra were augmented with simulated noise and various absorption lines. Notably, the CNN was trained exclusively on the 3000 K to 15000 K range to evaluate its flexibility in handling unseen thermal conditions. The model achieved an accuracy of 92.82% (relative error < 5%) for the 8000 K to 15000 K testing range. Furthermore, the model demonstrated strong generalization capabilities, achieving an accuracy of 84.88% on unseen data in the 15000 K to 20000 K range.

Authors: ORTIZ GUTIERREZ, David Francisco (Egresado Universidad Nacional de Colombia); CAMPOS MENDEZ, Diego Alejandro; CRUZ GUTIERREZ, Juan Pablo (Universidad Nacional de Colombia); VARGAS, Sergio; VARGAS LÓPEZ, Ángela Paola (Estudiante de Maestría - Universidad Nacional de Colombia)

Presenters: ORTIZ GUTIERREZ, David Francisco (Egresado Universidad Nacional de Colombia); VARGAS LÓPEZ, Ángela Paola (Estudiante de Maestría - Universidad Nacional de Colombia)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 11

Type: **Poster session**

Graph Neural Networks on One- and Two-Body Integrals for Molecular Energy Prediction

We present a graph neural network (GNN) framework for predicting molecular energies from molecular orbital graphs. Our approach leverages information from one- and two-electron integrals encoded as graph features, together with pooling strategies that map orbital-level predictions to molecular energies. The proposed approach was tested on 6 diatomic molecules, a total of 132 geometries, where the target molecular energy was computed using Full Configuration Interactions. Our results illustrate that a GNN architecture, even for this small dataset, is capable of learning the energy value given the molecular representation through the molecular orbitals.

Authors: CARRASQUILLA GOMEZ, Juan Sebastian (Universidad Nacional de Colombia); Dr VARGAS-HERNÁNDEZ, Rodrigo A. (McMaster University)

Presenter: CARRASQUILLA GOMEZ, Juan Sebastian (Universidad Nacional de Colombia)

Track Classification: Wednesday 17th: Wednesday 17th afternoon

Contribution ID: 12

Type: **Poster session**

QUADRATIC OPTIMAL QUANTUM CONTROL OF A DAVYDOV SOLITON AT FINITE TEMPERATURES

Non linear excitations in biochemistry have the potential to pave the way for understanding some of the most important and relevant quantum biological phenomena such as energy localization, transfer and high efficiency energy storage, problems approached from the perspective of quantum thermodynamics from different angles. One of the greatest mysteries where quantum biology and quantum thermodynamics have overlapping interests is the energy transfer and efficiency in the FMO (Fenna-Matthews-Olson) complex, where competing claims from the side of classical and quantum efficiency regimes have made the field of the quantum nature of photosynthesis interesting far beyond expected. Non-linear excitations such as the Davydov soliton might give sufficient insight with respect to the role played by energy localization in amino-acidic chains on the efficiency of energy transfer in proteins. Although this is an interesting claim, critical questioning arises on whether the Davydov's soliton is stable at physiological temperatures or not, or if a Quantum control technique will be useful to make the soliton more stable at finite temperatures in the physiological regime. Here, we explore the possibility to control the quantum coherence and stability of Davydov's soliton using external time dependent fields, and hence to use biologically and biochemically inspired devices to transfer and store energy at high efficiency. The quantum optimal control of Davydov soliton then is a powerful testbench for new ultra-efficient devices based on protein biochemistry.

Authors: MUNOZ PEREZ, Esteban (Universidad Tecnologica de Pereira); Dr VAZQUEZ JARAMILLO, Juan David (TdeA)

Presenter: MUNOZ PEREZ, Esteban (Universidad Tecnologica de Pereira)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 13

Type: Poster session

Fundamentos de Ciberseguridad Cuántica: Simulación y Análisis de Detección de Espionaje mediante Protocolos E91 y BB84

El presente trabajo tiene como objetivo principal explorar la intersección entre los principios fundamentales de la mecánica cuántica, específicamente la no-localidad, y el campo emergente de la ciberseguridad. La motivación central surge de la creciente amenaza que la computación cuántica, a través de algoritmos como el de Shor, presenta para los protocolos de encriptación clásicos (como RSA), los cuales se basan en problemas matemáticos que serán vulnerables. Esto hace imperativo el diseño y validación de nuevos sistemas de Distribución de Claves Cuánticas (QKD) que sean inherentemente seguros, basando su fiabilidad no en la complejidad computacional, sino en las propias leyes de la física.

Para ello, se propone un análisis teórico y computacional del protocolo Ekert 91 (E91), que utiliza el entrelazamiento cuántico como recurso principal. El modelo de comunicación se basará en el envío de fotones entrelazados (simulados como qubits) entre dos partes (Alice y Bob). La seguridad del canal se certificará mediante una prueba de la desigualdad de Bell, específicamente en la formulación CHSH (Clauser-Horne-Shimony-Holt). En este marco, una violación de la desigualdad ($S > 2$) confirma la presencia de correlaciones cuánticas puras (no-locales), garantizando que la información no ha sido interceptada.

El pipeline de simulación se desarrollará en la plataforma Qiskit. Se evaluarán tres escenarios distintos para caracterizar el canal. Primero, se simulará un canal seguro utilizando el AerSimulator ideal, donde se espera una violación máxima de la desigualdad ($S \approx 2\sqrt{2}$) como referencia de seguridad. Segundo, se modelará un canal inseguro, donde la presencia de una espía (Eve) se simulará mediante la inyección de modelos de ruido de decoherencia⁸. Se espera que esta perturbación destruya el entrelazamiento y provoque un colapso de la correlación a $S \leq 2$, detectando así la intrusión. Finalmente, el circuito ideal se ejecutará en un computador cuántico real de IBM para cuantificar el impacto del ruido inherente de los dispositivos NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) en la correlación.

Adicionalmente, para proporcionar un contexto más amplio a los protocolos de QKD basados en entrelazamiento, se explorarán y simularán los fundamentos del protocolo BB84. A diferencia del E91, el BB84 no depende del entrelazamiento, sino del principio de incertidumbre y la codificación de información en bases no ortogonales (ej. polarización lineal vs. diagonal). Esta parte del estudio permitirá comparar las metodologías, ventajas y vulnerabilidades de un protocolo basado en la incertidumbre (BB84) frente a uno basado en la no-localidad (E91), evaluando cómo cada uno responde a la simulación de espionaje.

Se espera que los resultados de la comparación entre la simulación ideal, la simulación de Eve y la ejecución en hardware real proporcionen una caracterización clara de los desafíos actuales. El principal reto a futuro será el diseño de estrategias de mitigación de errores capaces de distinguir el ruido pasivo del hardware del espionaje activo de Eve, un paso crucial para la implementación práctica de QKD. Se concluye que este estudio sentará las bases para validar y fortalecer la aplicabilidad de la ciberseguridad cuántica en entornos prácticos, contribuyendo directamente a la arquitectura de una futura red de comunicaciones cuánticas segura.

Authors: RUIZ ARANGO, Laura (Universidad Nacional de Colombia); MENDOZA RUEDA, Nestor (Universidad Nacional de Colombia)

Presenters: RUIZ ARANGO, Laura (Universidad Nacional de Colombia); MENDOZA RUEDA, Nestor (Universidad Nacional de Colombia)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 14

Type: **Poster session**

DYNAMICAL QUANTUM PHASE TRANSITIONS IN SPIN CHAINS WITH BROKEN SYMMETRY PHASES UNDER THE EFFECT OF EXTERNAL MAGNETIC FIELDS

One-dimensional spin- $\frac{1}{2}$ models present rich dynamics as well as non-trivial phase diagrams, allowing us to illustrate fundamental properties of many-body quantum systems, such as quantum phase transitions, both in equilibrium and dynamical. The behavior of such transitions becomes particularly interesting when a quantum quench protocol is applied to systems with broken-symmetry phases, such as the XXZ spin chain.

In this work we present a numerical study of the effects of the relevant system's parameters – namely the spatial anisotropy factor Δ and the strength of external magnetic fields – in the nonequilibrium dynamics of the system, showcasing the absence or presence of Dynamical Quantum Phase Transitions (DQPTs). For this study, the accuracy of the results depends on the size of the chain that can be simulated, since a smaller number of sites are prone to finite-size effects. Furthermore, due to the exponential increase between system size and the associated Hilbert space dimension, performing exact calculations poses a significant computational challenge. As an alternative, tensor networks allow us to obtain computationally efficient approximate representations of quantum states and operators, as well as offering a wide range of algorithms that perform tasks such as searching for ground states, calculating the expectation value of observables and time evolving a system state. In this case, Time-evolving Block Decimation (TEBD) algorithm was used to evolve an initial Néel state in time, under the influence of a post-quench Hamiltonian, and extract quantities pertaining to phase transitions. We verify previous literature results [1] where the rate function of the XXZ chain was calculated via exact diagonalization, showing that there is a kink in the rate function for $\Delta \leq 1$ and no kink for $\Delta > 1$, indicating the presence of a DQPT when $\Delta \leq 1$ and connecting the notions of Loschmidt echoes and first order parameters.

We verify and extend these results by simulating longer evolution times, as well as more anisotropy values and added external magnetic fields in both X and Z directions, studying the impact of such parameters in the behavior and intensity of the previously observed kinks. We show that the anisotropy value dominates the dynamics mitigating kink presence and intensity, and we further show that magnetic fields present an increase in disorder of the system, as well as providing a difference in timescale, shifting the peaks in time.

Authors: SANCHEZ JIMENEZ, Andrea (Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia, 050034, Colombia.); Dr CASAGRANDE, Heitor (Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Onna-son, Okinawa 904-0495, Japan.); Dr MUNRO, William J. (Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Onna-son, Okinawa 904-0495, Japan.)

Presenter: SANCHEZ JIMENEZ, Andrea (Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquia, 050034, Colombia.)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 15

Type: **Poster session**

Cold atom-atom-ion three-body recombination assisted by radiofrequency trap

Cold hybrid atom-ion systems offer a unique platform to explore charge-neutral interactions with high precision and to investigate the behavior of a charged impurity embedded in a quantum-degenerate atomic gas. Achieving the fully quantum s-wave regime in such systems remains a significant challenge, requiring a deep understanding of—and control over—various loss mechanisms.

Recent studies have shown that cold atom–atom–ion collisions in the presence of a radiofrequency field can exhibit vibrational resonances with lifetimes on the order of nanoseconds. During this brief window, the resulting dimer can interact with a third atom, leading to three-body recombination. In this process, the third atom carries away excess energy, stabilizing the dimer into a bound diatomic molecule, which is subsequently lost from the trap.

To investigate this loss channel, we have developed a semiclassical molecular dynamics simulation to model the formation of such molecules. We compute three-body recombination rates and analyze how various system parameters influence the complex formation. These insights can help develop strategies to mitigate atom-ion losses in cold hybrid systems.

Authors: Ms NOGUERA VELASCO, Ana Carolina (Universidad del Valle); Mr LONDOÑO PABÓN, Mateo (Stony Brook University); Prof. MADROÑERO PABÓN, Javier (Universidad del Valle)

Presenter: Ms NOGUERA VELASCO, Ana Carolina (Universidad del Valle)

Track Classification: Wednesday 17th: Wednesday 17th afternoon

Contribution ID: 16

Type: **Poster session**

Light Scattering in Disordered Media: A Monte Carlo Framework for Wave Propagation and Polarization Dynamics

The interaction between light and disordered media can be described as a stochastic process where multiple scattering and interference determine the macroscopic propagation of electromagnetic waves. In this work, we develop a numerical framework based on Monte Carlo methods to model light transport focusing on the Rayleigh–Debye regime, considering spherical scatterers and their associated phase functions. The simulation incorporates polarization dynamics via the Jones formalism and tracks photon trajectories through absorption and scattering events sampled from exponential and angular probability distributions.

The implementation was carried out through a custom Python library, *luminis-mc*. Results include the numerical reconstruction of speckle intensity patterns, the dependence of scattering anisotropy on particle radius, and the temporal evolution of absorption profiles, offering insight into how microscopic scattering parameters influence macroscopic observables.

Author: AGUILERA, Nicolas (Universidad del Valle)

Co-authors: Prof. MADROÑERO, Javier; Prof. CALDERON, Omar

Presenter: AGUILERA, Nicolas (Universidad del Valle)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 17

Type: **Poster session**

Study of Entanglement Growth in Random Quantum Circuits

This work examines entanglement dynamics in random quantum circuits to better understand information propagation, thermalization, and complexity growth in many-body quantum systems. Using the minimal-cut formalism within the KPZ universality class, we develop an efficient graph-based algorithm that yields a classical upper bound on bipartite entanglement growth. Our results confirm KPZ scaling and show that the entanglement velocity scales as $v_E \propto 1/2L$.

We extend the analysis to doped random circuits incorporating three-qubit gates, which model more realistic hardware architectures. We study both Clifford-random and Haar-random distributions and propose a doping-dependent lower bound for the entanglement entropy. In this context, we provide both upper and lower bounds, offering a more complete characterization of entanglement growth in practical quantum computing architectures.

Authors: VALENCIA FONSECA, ANDRES FELIPE (Universidad del Valle); Mr SALAZAR, William E. (Universidad del Valle)

Co-author: Prof. MADROÑERO, Javier (Universidad del Valle)

Presenter: VALENCIA FONSECA, ANDRES FELIPE (Universidad del Valle)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 18

Type: Poster session

SIMULACIÓN CUÁNTICA DE LA DINÁMICA ENTRÓPICA EN EL MODELO DE ASOCIACIÓN-DISOCIACIÓN DE H₂ : IMPLEMENTACIÓN EN QISKIT

SIMULACIÓN CUÁNTICA DE LA DINÁMICA ENTRÓPICA EN EL MODELO DE ASOCIACIÓN-DISOCIACIÓN DE H₂ : IMPLEMENTACIÓN EN QISKIT

Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Alejandra Vidal Girón

avidalg@unal.edu.co

Alejandro Sánchez Marín

alsanchezm@unal.edu.co

Trabajo supervisado por:

Prof. Alcides Montoya Cañola

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal explorar la dinámica entrópica en sistemas cuánticos complejos mediante la implementación computacional de un modelo de electrodinámica cuántica (QED) de cavidad. La motivación central surge del creciente interés en comprender y controlar el comportamiento de sistemas cuánticos de múltiples cuerpos, particularmente en el contexto de la química cuántica y la computación cuántica. Específicamente, se aborda el modelo de asociación-disociación de la molécula de hidrógeno propuesto por Miao (2024), el cual representa un sistema de siete qubits que incorpora interacciones átomo fotón, formación de enlaces covalentes, emisión de fonones y tunelamiento cuántico.

Para ello, se propone un análisis teórico-computacional basado en el Hamiltoniano del modelo Tavis-Cummings-Hubbard modificado (TCHM). El sistema físico consiste en dos átomos de hidrógeno confinados en cavidades ópticas que pueden formar enlaces moleculares mediante hibridación orbital, liberando o absorbiendo fonones en el proceso. La dinámica del sistema se caracteriza por tres tipos de interacciones fundamentales:

- Transiciones electrónicas acopladas a modos fotónicos ($g\Omega$),
- Formación/ruptura de enlaces covalentes acoplados a modos fonónicos ($g\omega$)
- Tunelamiento de núcleos entre cavidades (ζ).

La cuantificación del entrelazamiento cuántico se realizará mediante el cálculo de la entropía de Von Neumann para diferentes particiones bipartitas del sistema.

El proceso de simulación se desarrollará en la plataforma Qiskit. Se implementará un registro cuántico de siete qubits representando: dos modos fotónicos ($\Omega\uparrow, \Omega\downarrow$), un modo fonónico (ω), dos estados electrónicos con espín ($\Phi\uparrow, \Phi\downarrow$), el estado del enlace covalente y la posición de los núcleos. El Hamiltoniano completo, derivado de la ecuación (4) del modelo original, incluye términos de energía libre para cada modo y términos de interacción que acoplan los diferentes subsistemas. El estado inicial se

1 preparará como una superposición cuántica de cuatro estados base, siguiendo la ecuación (12) del paper, representando la condición de disociación inicial con los átomos en cavidades separadas.

Se evaluarán tres escenarios experimentales para validar las predicciones teóricas: primero se estudiará el efecto de la intensidad de acoplamiento fotón-electrón ($g\Omega$) sobre la dinámica entrópica, variando su valor entre g y $4g$ mientras se mantienen fijos $g\omega = 0.1g$ y $\zeta = g$. Se espera observar una disminución del pico máximo de entropía con el incremento de $g\Omega$. Segundo se analizará el impacto de la intensidad de formación del enlace covalente ($g\omega$), esperando períodos de oscilación inversamente proporcionales a $g\omega$ mientras los picos permanecen constantes. Tercero, se explo-

rá el efecto del tunelamiento cuántico(ζ), donde se anticipa que la condición $\zeta = g$ maximiza la entropía del sistema.

Se espera que los resultados proporcionen una validación computacional completa del modelo teórico, confirmando que mediante el ajuste selectivo de los parámetros de interacción es posible controlar la dinámica entrópica del sistema. El principal desafío técnico radica en la implementación eficiente del Hamiltoniano de siete qubits y la escalabilidad computacional de la evolución temporal para horizontes de $t \sim 106$ unidades de tiempo. Se anticipa que la comparación cuantitativa con las figuras del paper original (con errores relativos $< 5\%$) demostrará la viabilidad de utilizar simuladores cuánticos de propósito general como Qiskit para reproducir dinámicas complejas de sistemas moleculares. Los resultados contribuirán directamente al desarrollo de algoritmos cuánticos variacionales (VQE) para química cuántica y a la caracterización de recursos de entrelazamiento en simuladores cuánticos, con aplicaciones potenciales en diseño de fármacos, ciencia de materiales y computación cuántica basada en sistemas moleculares artificiales.

REFERENCIAS

1. Miao Hui-hui, "Investigating entropic dynamics of complicated cavity QED system," arXiv:2405.05696v1 [quant-ph], 2024.
2. E. T. Jaynes and F. W. Cummings, "Comparison of quantum and semiclassical radiation theories with application to the beam maser," *Proceedings of the IEEE*, vol. 51, no. 1, pp. 89–109, 1963.
3. M. Tavis and F. W. Cummings, "Exact solution for an n-molecule—radiation-field Hamiltonian," *Physical Review*, vol. 170, no. 2, pp. 379–384, 1968.
4. J. Von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer, Berlin, 1932.
5. C. H. Bennett, H. J. Bernstein, S. Popescu, and B. Schumacher, "Concentrating partial entanglement by local operations," *Physical Review A*, vol. 53, no. 4, pp. 2046–2052, 1996.
6. Qiskit Development Team, "Qiskit: An Open-source Framework for Quantum Computing," 2024.[Online]. Available: <https://qiskit.org/documentation/>
7. A. Montoya Cañola, *Introducción a la computación cuántica*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2025.

Authors: VIDAL GIRON, Alejandra; Mr SÁNCHEZ MARÍN, Alejandro (Ponente)

Presenters: VIDAL GIRON, Alejandra; Mr SÁNCHEZ MARÍN, Alejandro (Ponente)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 19

Type: **Poster session**

Quantum state tomography using Neural Networks

We present an implementation of neural network based quantum state tomography following the framework of Koutný et al. (2022). The approach learns an inverse mapping from POVM measurement outcomes to the Cholesky parameters of a density matrix, ensuring positivity and physical consistency. Our work reproduces the original results for dimensions $d=2,5,7$ using large scale synthetic datasets generated from Hilbert–Schmidt random states and square-root measurements. In addition to the replication, we extend the data-generation pipeline by introducing multiple noise models (including multinomial sampling noise and perturbations defined or called by the user) and packaging these tools into a modular Python library. We evaluate the network’s reconstruction accuracy under different noise levels and trial counts, highlighting the importance of consistent POVMs across training and testing. The resulting library provides a flexible platform for experimenting with neural-network tomography under realistic experimental conditions.

Authors: GARZON, Johan (Universidad Nacional de Colombia); Mr GARCIA, Manuel (Universidad nacional de Colombia)

Presenters: GARZON, Johan (Universidad Nacional de Colombia); Mr GARCIA, Manuel (Universidad nacional de Colombia)

Track Classification: Wednesday 17th: Wednesday 17th afternoon

Contribution ID: 20

Type: **Poster session**

Implementación de una técnica para la caracterización de material particulado a través de la retrodispersión coherente de luz

La retrodispersión coherente de luz (Coherent Backscattering, CBS) es un fenómeno óptico que surge en medios desordenados debido a la interferencia constructiva de trayectorias múltiples recíprocas, análogo óptico de la localización débil cuántica ampliamente estudiada en el transporte de electrones en medios desordenados. Este efecto produce un aumento de intensidad en la dirección de retrodispersión y permite caracterizar partículas en suspensión, proporcionando información sobre tamaño, concentración y anisotropía estructural del medio. En este trabajo se desarrolló y validó un sistema óptico compacto para estudiar el fenómeno CBS en medios sólidos y líquidos, y se realizó la extensión a medios gaseosos mediante la implementación de un montaje experimental diseñado para simular condiciones atmosféricas. Se demuestra que la observación del pico CBS requiere un promedio estadístico de trayectorias múltiples, alcanzable mediante movimiento mecánico en medios sólidos o de manera natural en suspensiones líquidas debido al movimiento browniano de las partículas. La intensidad del pico CBS depende fuertemente del tamaño de las partículas: partículas pequeñas presentan dispersión casi isotrópica, favoreciendo la retrodispersión y generando un pico de alta intensidad; partículas grandes inducen dispersión anisotrópica, dirigiendo la luz principalmente hacia adelante y reduciendo la contribución coherente en retrodispersión, lo que provoca una disminución progresiva de la intensidad del pico y un ensanchamiento angular con el aumento del tamaño de las partículas. En medios isotrópicos, como la leche a altas concentraciones, el ancho angular del pico refleja la concentración, mientras que en sistemas polidispersos o con partículas grandes esta relación se rompe. La extensión al estudio en fase gaseosa evidenció la necesidad de un montaje experimental capaz de mantener suspensiones de partículas mediante un flujo de aire homogéneo y estable, evitando turbulencias y controlando la densidad óptica mínima, para garantizar mediciones reproducibles en condiciones de laboratorio. Los resultados obtenidos validan la sensibilidad del sistema óptico frente a variaciones en tamaño, concentración, absorción y anisotropía estructural de las partículas, consolidando al fenómeno CBS como una herramienta sensible, no invasiva y prometedora para la caracterización de medios dispersos en sólidos y líquidos, con perspectivas futuras en gases.

Author: PEREZ BEJARANO, MARIA DEL MAR (Universidad del valle)

Co-author: Dr CALDERON LOSADA, Omar (Universidad del valle)

Presenter: PEREZ BEJARANO, MARIA DEL MAR (Universidad del valle)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 21

Type: **Poster session**

PINN-Based Coherent Control for High-Fidelity Quantum Gates

Physics-informed neural networks (PINNs) are a versatile methodology that integrates deep learning techniques with the solution of dynamics governed by differential equations, with applications across multiple areas of physics. In this work, we design and optimize a PINN-based control scheme that, instead of directly solving the dynamics of the system, uses the integration of the evolution equation as a physical constraint to learn and predict coherent control functions [1], for implementing quantum logic gates through hamiltonian dynamics. For doing so, we consider the single-qubit Hadamard gate and the two-qubit CNOT gate as coherent transformation objectives, to be implemented in neutral atom and superconducting-like platforms. To achieve this, the loss function is formulated such that the expected operation is considered to be effectively applied at a specific time (the final time). We calculate the fidelity between the quantum state obtained using the PINN scheme and the ideal state expected at the end of the evolution. As preliminary results, after training the PINN with a set of initial states suitable for each target gate, we obtain an average fidelity over that set of states of 99.99% in the implementation of Hadamard and CNOT operations. We also calculate the effects on such dynamics under the influence of pure dephasing and amplitude damping noises, finding that Hadamard is more affected by the pure dephasing than amplitude damping noise in contrast to the case of CNOT. As a next step, average fidelity on a set of states different from the one set used in the training process will be evaluated and optimized for then to make some comparison with other control techniques.

References

[1] Ariel Norambuena, Marios Mattheakis, Francisco J. González and Raúl Coto. Physics-Informed Neural Networks for Quantum Control. *Phys. Rev. Lett.* 132, 010801 (2024).

Keywords: Physics-informed neural networks, quantum gates, quantum control.

Authors: Mr FABRA, Luis (University of Cordoba); Dr SUSA, Cristian (University of Cordoba); Dr NORAMBUENA, Ariel (Universidad Técnica Federico Santa María, Casilla 110 V)

Presenter: Mr FABRA, Luis (University of Cordoba)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 22

Type: **Poster session**

Quantum Assisted Classification of Radiation Signatures for Isotope Identification

Reliable isotope identification is essential in radiation monitoring and nuclear engineering, especially when measurements are affected by attenuation, noise, and low resolution detectors. This project explores a quantum machine learning approach for classifying isotopes using attenuated radiation data acquired with a custom built Geiger based detection system. We implement a variational quantum classifier (VQC) in Qiskit, employing angle and amplitude encoding strategies to map spectral features into quantum states. Training and evaluation are performed using both simulated and real hardware through IBM Quantum Experience, and compared against standard classical models. This work aims to assess the feasibility and potential advantages of quantum enhanced classification in realistic radiological scenarios, providing a hybrid framework that bridges quantum computation and nuclear instrumentation.

Author: SABOGAL, Andres**Co-author:** AGUDELO, Esteban**Presenters:** SABOGAL, Andres; AGUDELO, Esteban**Track Classification:** Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 23

Type: **Poster session**

Quantum TokenFormer: Aprovechando la Expresividad del Espacio de Hilbert para Escalamiento Eficiente de Transformers

El crecimiento exponencial de modelos fundacionales ha logrado un rendimiento notable en múltiples dominios, sin embargo, este progreso conlleva un costo computacional y energético cada vez más prohibitivo. Las leyes de escalamiento demuestran que el rendimiento de los modelos mejora como función potencial del tamaño del modelo, tamaño del conjunto de datos y cómputo de entrenamiento, implicando que mejoras continuas demandan modelos exponencialmente más grandes—una trayectoria insostenible bajo paradigmas de computación clásica. Proponemos Quantum TokenFormer (QTokenFormer), una arquitectura híbrida cuántico-clásica que aborda esta crisis de escalabilidad aprovechando la dimensionalidad exponencial de los espacios de Hilbert cuánticos para la representación de parámetros.

En QTokenFormer, los parámetros del modelo se representan como estados cuánticos preparados por Circuitos Cuánticos Parametrizados (PQCs), permitiendo representaciones exponencialmente ricas en un espacio de Hilbert de dimensión 2^n usando solo $O(n)$ parámetros clásicos. Esta codificación cuántica transforma fundamentalmente el problema de escalamiento de parámetros: donde los transformers clásicos requieren crecimiento lineal en el conteo de parámetros, las representaciones cuánticas pueden codificar expresividad equivalente con sobrecarga logarítmica. La arquitectura implementa mecanismos de atención cuántica mediante tests SWAP, que calculan productos internos entre estados cuánticos $|\Psi\rangle$ y estados de parámetros $|K_j\rangle$, proporcionando un análogo cuántico a la atención por producto punto clásica con correlaciones inherentes basadas en entrelazamiento.

Para optimizar qué parámetros cuánticos activar durante el entrenamiento, formulamos la selección de parámetros como un problema de Optimización Binaria No Restrictiva de Orden Superior (HUBO), capturando no solo correlaciones de pares de parámetros sino también sinergias triádicas mediante términos de interacción de tercer orden. Esta optimización combinatoria se resuelve usando Optimización Cuántica Contradiabática Digitalizada con Campo de Sesgo (BF-DCQO), que ha demostrado calidad de solución superior comparada con recocido simulado clásico, particularmente para paisajes de energía frustrados con interacciones densas de orden superior.

La fundamentación teórica descansa en tres ventajas cuánticas clave: (1) capacidad representacional exponencial de estados cuánticos permitiendo codificación compacta de parámetros, (2) superposición cuántica permitiendo exploración simultánea de múltiples configuraciones de parámetros, y (3) entrelazamiento cuántico capturando correlaciones no clásicas entre parámetros que arquitecturas clásicas no pueden representar eficientemente. Estas ventajas abordan directamente el cuello de botella fundamental de escalabilidad en arquitecturas transformer.

QTokenFormer permite escalamiento incremental donde modelos pre-entrenados pueden expandirse añadiendo nuevos tokens de parámetros cuánticos sin reentrenamiento completo—análogo a añadir grados de libertad en sistemas cuánticos mientras se preservan estados cuánticos existentes mediante inicialización ortogonal en el espacio de Hilbert. Esta propiedad es particularmente valiosa para desarrollo sostenible de modelos en aplicaciones de física fundamental donde los recursos computacionales están restringidos pero la sofisticación del modelo debe incrementarse continuamente.

Nuestro trabajo representa una síntesis de aprendizaje automático cuántico y diseño de arquitectura transformer, demostrando cómo los principios de computación cuántica pueden abordar desafíos críticos en el escalamiento de inteligencia artificial mientras se mantiene compatibilidad con infraestructura de entrenamiento clásica mediante implementación híbrida cuántico-clásica.

Author: BONILLA HERNANDEZ, Jesus David

Co-author: BEDOYA OSORIO, Juan Esteban

Presenters: BONILLA HERNANDEZ, Jesus David; BEDOYA OSORIO, Juan Esteban

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 24

Type: **Poster session**

Galois Symmetries of Quantum States via the Majorana Representation

We study a geometric–algebraic representation of finite-dimensional pure quantum states based on the Majorana stellar map, which encodes a spin- j state as the set of roots of a complex polynomial on the Riemann sphere. For each quantum state we construct the associated *Majorana polynomial*, whose roots fully determine the state up to normalization and global phase.

Within this framework, we investigate the Galois group associated with the Majorana representation by analyzing the monodromy induced by the fundamental group of the configuration space of nondegenerate root sets. We show how the induced action on the roots reflects discrete symmetries of the underlying quantum state. In particular, the resulting Galois symmetries encode algebraic invariants that remain unchanged under unitary rotations, providing a structural tool for classifying quantum states through the geometry and arithmetic of their root configurations.

Finally, we discuss potential implications of this framework for quantum algorithms. Since the Majorana representation encodes quantum states through algebraic data, the Galois–monodromy structure provides a way to track how root configurations transform under both continuous and discrete operations. This suggests possible applications to algorithms whose performance depends on symmetry, invariant extraction, or state classification.

Author: RUBIO MUNOZ, Dante Rafael (Universidad Nacional de Colombia)

Presenter: RUBIO MUNOZ, Dante Rafael (Universidad Nacional de Colombia)

Track Classification: Wednesday 17'th: Wednesday 17'th afternoon

Contribution ID: 26

Type: **not specified**

Welcome

Wednesday, December 17, 2025 8:55 AM (15 minutes)

Author: Prof. GARCÍA, Ronald (Massachusetts Institute of Technology)

Presenter: Prof. GARCÍA, Ronald (Massachusetts Institute of Technology)

Contribution ID: 27

Type: **Talk**

Presentation

Presenter: Dr DELGADO, Andrea

Contribution ID: 28

Type: **not specified**

Metrological Optimization of Spin Resonance Spectroscopy in Transmission Electron Microscopy

Wednesday, December 17, 2025 9:10 AM (20 minutes)

Presenter: BELTRAN, Santiago

Contribution ID: 29

Type: **not specified**

State of the art of quantum physics-informed neural networks (QPINN) for PDEs

Wednesday, December 17, 2025 9:50 AM (20 minutes)

Presenter: Prof. MONTOYA, Alcides de Jesús (Universidad Nacional de Colombia)

Session Classification: Morning Discussion Panel

Contribution ID: 30

Type: **Talk**

Interdisciplinarity in the digital age: technological convergences and the new paradigm of science

Presenter: Dr PACHON, Leonardo

Contribution ID: 31

Type: **not specified**

Presentation to be defined

Contribution ID: 32

Type: **not specified**

Nuclear models beyond black boxes

Wednesday, December 17, 2025 10:50 AM (20 minutes)

Presenter: MUÑOZ, José (Massachussets Institute of Technology)

Contribution ID: 33

Type: **not specified**

Charge Radii and Magnetic Moments of Neutron-Rich Silicon Isotopes

Wednesday, December 17, 2025 11:30 AM (20 minutes)

Presenter: PASTRANA, Fabian (Massachussets Institute of Technology)

Contribution ID: **34**

Type: **Talk**

Towards cQED with Cold Molecules for Fundamental Physics

Thursday, December 18, 2025 8:10 AM (20 minutes)

Presenter: Prof. PEDROZO, Edwin

Contribution ID: 35

Type: **Talk**

Isotope Shift Spectroscopy for Nuclear Structure and BSM Physics

Thursday, December 18, 2025 8:30 AM (20 minutes)

Isotope shift spectroscopy has been demonstrated as a sensitive probe of nuclear structure, and is suggested to be sensitive to potential physics beyond the Standard Model (BSM). This talk will highlight two complementary efforts to further our understanding on these fronts. First, hyperfine spectra of the neutron-deficient isotopes $^{22-25}\text{Al}$ were measured at BECOLA/FRIB, with the Resonant Ionization Spectroscopy Experiment. The extracted charge radii and magnetic moments provide critical benchmarks for nuclear theory in a proton-rich region of the nuclear chart and suggest strong collective behavior in the structures of $^{22, 23}\text{Al}$. On the precision frontier, the SCARIEST SCORPIONS experiment (Sideband Cooling, Applied to Radioactive Isotopes in an Entangled State Trap, for Spectroscopy—Consisting Of Ramsey Phase Interferometry—On Nuclear Shifts) is being developed to extend King plot nonlinearity analyses to unstable isotopes. By co-trapping pairs of unstable Yb^+ ions in a linear Paul trap and employing Ramsey interferometry, the project aims to achieve sub-kHz precision in isotope shift measurements. Together, these efforts demonstrate a synergistic approach to advancing both nuclear structure theory and BSM sensitivity through high-precision spectroscopy of exotic isotopes.

Presenter: BRINSON, Alex

Contribution ID: **36**

Type: **Talk**

The atomic nucleus as a window to new physics

Thursday, December 18, 2025 8:50 AM (20 minutes)

Presenter: HOLT, Jason (TRIUMF)

Contribution ID: 37

Type: **Talk**

Interdisciplinarity in the digital age: technological convergences and the new paradigm of science

Thursday, December 18, 2025 10:10 AM (20 minutes)

Presenter: PACHON, Leonardo

Contribution ID: 38

Type: **not specified**

Group talk: Neptune

Thursday, December 18, 2025 10:30 AM (20 minutes)

Presenter: KAKIOKA, Haruka (Massachusetts Institute of Technology)

Contribution ID: 39

Type: **not specified**

Quantum Sensing for Fundamental Physics with Radioactive Molecules

Thursday, December 18, 2025 10:50 AM (20 minutes)

Some of the most important open questions in physics, such as why the Universe contains more matter than antimatter and whether certain fundamental symmetries of nature are broken, motivate searches for new particles and forces beyond the Standard Model of particle physics. Many of these symmetry violating effects are expected to be extremely small, meaning that discovering them depends on building measurement tools with extraordinary sensitivity. In the RaX collaboration, we are developing experiments that use radioactive molecules, such as RaF and RaOH, as quantum sensors for symmetry violation, where both the molecule and the nucleus act as natural amplifiers. The heavy, pear-shaped radium nucleus provides $\sim 1000\times$ enhancement of nuclear symmetry violation, and the polar molecular structure provides large internal electric fields that give another $\sim 1000\times$ enhancement, leading to sensitivities more than a million times greater than those achieved in traditional atomic systems. By combining these intrinsic amplification mechanisms with laser cooling and precise quantum control, we can slow and manipulate these molecules using lasers to perform high-precision measurements in a clean, well-controlled quantum system. In this talk, I will discuss our progress toward producing cold beams of ^{226}RaX ($X = \text{F}, \text{OH}$), and establishing the level of control required for quantum sensing. I will also briefly outline future prospects for extending these techniques to ^{225}RaX , establishing radioactive molecules as a new platform for probing fundamental physics at energy scales beyond the reach of current particle accelerators.

Presenter: Dr JADBABAIE, Arian (Massachusetts Institute of Technology)

Contribution ID: 40

Type: **not specified**

Towards efficient deceleration and production of cold, neutral radioactive molecules

Thursday, December 18, 2025 11:10 AM (20 minutes)

Presenter: GONZALEZ-ACEVEDO, Derick (Massachussets Institute of Technology)

Contribution ID: 47

Type: **not specified**

Parity Violation in Nuclear Theory: Using the Atomic Nucleus as a Quantum Probe of New Physics

Wednesday, December 17, 2025 11:10 AM (20 minutes)

Presenter: BELLEY, Antoine (Massachusetts Institute of Technology)

Contribution ID: 48

Type: **not specified**

Quantum Computing UNAL Center of excellence in QC and Artificial intelligence - 2016 - 2025

Wednesday, December 17, 2025 9:30 AM (20 minutes)

Presenter: MONTOYA, Alcides (Universidad Nacional de Colombia)