

Programa:

La utilización de sistemas cuánticos para el procesamiento cuántico de información fue propuesta por R. P. Feynmann a principios de la década de 1980. Desde ese momento, se ha convertido en un área de investigación presente en departamentos de física, computación y matemática de las más prestigiosas universidades del mundo.

En la actualidad, con el auge de las tecnologías cuánticas, cada vez más sale el procesamiento cuántico de información del ámbito académico para mezclarse con diversas iniciativas privadas y estatales.

En el presente curso, pensado principalmente para estudiantes de computación pero abierto a gente interesada de matemática y física, abordaremos desde los fundamentos del procesamiento cuántico de información hasta algoritmos cuánticos concretos para distintas tareas (criptografía, factorización, caracterización de sistemas cuánticos, etc), y pasando por temas de no localidad cuántica, una de las características constitutivas de la teoría cuántica que es también utilizada como recurso para el procesamiento de información. Este curso no sólo acercará a las y los estudiantes a las generalidades del área, sino que los conectará con temas de actualidad, algunos de los cuales se investigan en la actualidad en nuestra Facultad.

Temario:

Unidad 1 – Fundamentos teóricos del procesamiento cuántico de información:

Abordaremos los formalismos necesarios y fundamentos teóricos para el estudio de la disciplina.

- Fundamentos matemáticos y físicos de la mecánica cuántica [1,2].
- Orígenes del procesamiento cuántico de información [1,2].
- Formalismo de circuitos cuánticos [1].

Unidad 2 – Algoritmos cuánticos.

Estudiaremos desde algunos algoritmos cuánticos elementales, hasta los más conocidos de factorización y criptografía.

- Algoritmos de Deutsch y Deutsch-Jozsa [1,3].
- Teleportación cuántica [1,4,5].
- Algoritmo de factorización de Shor [1,6].
- Distribución cuántica de claves [7,8,9].

Unidad 3 – Formalismos alternativos e implementaciones ruidosas de algoritmos cuánticos.

En esta unidad estudiaremos alternativas al modelo de circuitos y técnicas para corrección de errores en sistemas cuánticos.

- Estados estabilizadores [10].
- Computación cuántica basada en la medición [11-13].
- Códigos de corrección de errores [1, 10, 14].

Unidad 4 - Tomografía cuántica.

Esta unidad se enfocará en los problemas de caracterización de estados y procesos cuánticos.

- Tomografía de estados cuánticos [1, 15].
- Tomografía de procesos cuánticos [15-18].

Unidad 5 – No localidad cuántica.

Analizaremos aspectos teóricos y aplicados de la no localidad cuántica, una de las características distintivas de esta teoría.

- No localidad cuántica [19-23].
- Principios informacionales para correlaciones cuánticas [19, 25-27].

Bibliografía:

- [1] Nielsen, M. A., & Chuang, I. (2002). Quantum computation and quantum information.
- [2] Preskill, J. (1998). Lecture notes for physics 229: Quantum information and computation. California Institute of Technology, 16.
- [3] Deutsch, D., & Jozsa, R. (1992). Rapid solution of problems by quantum computation. Proceedings of the Royal Society of London. Series A: Mathematical and Physical Sciences, 439(1907), 553-558.
- [4] Bennett, C. H., Brassard, G., Crépeau, C., Jozsa, R., Peres, A., & Wootters, W. K. (1993). Teleporting an unknown quantum state via dual classical and Einstein-Podolsky-Rosen channels. Physical review letters, 70(13), 1895.
- [5] Bouwmeester, D., Pan, J. W., Mattle, K., Eibl, M., Weinfurter, H., & Zeilinger, A. (1997). Experimental quantum teleportation. Nature, 390(6660), 575-579.
- [6] Shor, P. W. (1994, November). Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring. In Proceedings 35th annual symposium on foundations of computer science (pp. 124-134). Ieee.
- [7] Bennett, C. H., Brassard, G., & Ekert, A. K. (1992). Quantum cryptography. Scientific American, 267(4), 50-57.
- [8] Ekert, A. K., Rarity, J. G., Tapster, P. R., & Palma, G. M. (1992). Practical quantum cryptography based on two-photon interferometry. Physical Review Letters, 69(9), 1293.
- [9] Bennett, C. H., & Brassard, G. (1984, August). An update on quantum cryptography. In Workshop on the theory and application of cryptographic techniques (pp. 475-480). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [10] Gottesman, D. (1997). Stabilizer codes and quantum error correction. arXiv preprint quant-ph/9705052.
- [11] Briegel, H. J., Browne, D. E., Dür, W., Raussendorf, R., & Van den Nest, M. (2009). Measurement-based quantum computation. Nature Physics, 5(1), 19-26.
- [12] Raussendorf, R., Browne, D. E., & Briegel, H. J. (2003). Measurement-based quantum computation on cluster states. Physical review A, 68(2), 022312.
- [13] Gross, D., & Eisert, J. (2007). Novel schemes for measurement-based quantum computation. Physical review letters, 98(22), 220503.
- [14] Laflamme, R., Miquel, C., Paz, J. P., & Zurek, W. H. (1996). Perfect quantum error correcting code. Physical Review Letters, 77(1), 198.
- [15] Bendersky, A., & Paz, J. P. (2013). Selective and efficient quantum state tomography and its application to quantum process tomography. Physical Review A, 87(1), 012122.
- [16] Bendersky, A., Pastawski, F., & Paz, J. P. (2008). Selective and efficient estimation of parameters for quantum process tomography. Physical review letters, 100(19), 190403.
- [17] Bendersky, A., Pastawski, F., & Paz, J. P. (2009). Selective and efficient quantum process tomography. Physical Review A, 80(3), 032116.

- [18] Perito, I., Roncaglia, A. J., & Bendersky, A. (2018). Selective and efficient quantum process tomography in arbitrary finite dimension. *Physical Review A*, 98(6), 062303.
- [19] Brunner, N., Cavalcanti, D., Pironio, S., Scarani, V., & Wehner, S. (2014). Bell nonlocality. *Reviews of Modern Physics*, 86(2), 419.
- [20] Bell, J. S. (1964). On the einstein podolsky rosen paradox. *Physics Physique Fizika*, 1(3), 195.
- [21] Einstein, A., Podolsky, B., & Rosen, N. (1935). Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?. *Physical review*, 47(10), 777.
- [22] Bohr, N. (1935). Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?. *Physical review*, 48(8), 696.
- [23] Mermin, N. D. (1990). Quantum mysteries revisited. *American Journal of Physics*, 58(8), 731-734.
- [24] Popescu, S., & Rohrlich, D. (1994). Quantum nonlocality as an axiom. *Foundations of Physics*, 24(3), 379-385.
- [25] Fritz, T., Sainz, A. B., Augusiak, R., Brask, J. B., Chaves, R., Leverrier, A., & Acín, A. (2013). Local orthogonality as a multipartite principle for quantum correlations. *Nature communications*, 4(1), 1-7.
- [26] Pawłowski, M., Paterek, T., Kaszlikowski, D., Scarani, V., Winter, A., & Żukowski, M. (2009). Information causality as a physical principle. *Nature*, 461(7267), 1101-1104.
- [27] Bendersky, A., De La Torre, G., Senno, G., Figueira, S., & Acín, A. (2016). Algorithmic pseudorandomness in quantum setups. *Physical review letters*, 116(23), 230402.