

PROPUESTA DE TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS

DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA

Título de la propuesta: **Dinámica cuántica de circuitos de qubits superconductores**

Apellido y Nombres del director: **Dominguez Daniel**

Teléfono:

Dirección electrónica del director (ingresar una sola dirección): **daniel.dominguez@ib.edu.ar**

Cargo IB: **Profesor Titular**

¿Propone codirector? : **NO**

Datos Co-director:

Dirección electrónica del codirector (ingresar una sola dirección):

Título máximo alcanzado del codirector (Doctor, Magister, otros) :

Cargo docente del codirector en el IB (no excluyente):

Justifique brevemente el rol del Codirector:

Lugar de realización: **Division Teoria de Materia Condensada**

DETALLE TÉCNICO DE LA PROPUESTA

Orientación:

Materia Condensada

Breve descripción: **RESUMEN**

Se propone trabajar en el modelado de la dinámica de circuitos cuánticos de qubits superconductores. El trabajo se enfocará tanto en aproximaciones analíticas para caracterizar parámetros de decoherencia y relajación como en la simulación computacional de las arquitecturas de nanosistemas integrados de qubits superconductores. En particular se planea estudiar estrategias que hacen uso de transiciones Landau-Zener-Stuckelberg mediante protocolos de campos alternos de alta intensidad.

INTRODUCCIÓN:

Las tecnologías cuánticas [1,2], basadas en la realización práctica de sistemas cuánticos con vistas a aplicaciones tecnológicas, han impulsado una enorme actividad experimental y teórica dedicada principalmente a avanzar en el diseño de computadoras cuánticas [2,3,4].

Entre los dispositivos de estado sólido que han sido estudiados durante la última década como candidatos a

actuar como bits cuánticos (qubits), se destacan los superconductores basados en junturas Josephson.[4]. Las implementaciones más recientes de computadoras cuánticas acometidas por empresas

como IBM, Microsoft y Google están basadas en qubits superconductores. En particular, la demostración en 2019 del funcionamiento de una computadora cuántica de 53 qubits [2] inicia la era de las llamadas tecnologías NISQ (noisy intermediate scale quantum) [5]. Con estas arquitecturas es posible realizar la demostración de principio de algunos algoritmos cuánticos y realizar simulaciones cuánticas, pero los resultados a mayor escala están limitados por el ruido en las operaciones. El desafío está en desarrollar implementaciones de compuertas cuánticas poco sensibles a los efectos de ruido del ambiente, para lo que es necesario caracterizar su dinámica empleando diferentes

herramientas de estudio teórico y modelado de las mismas.

PROPUESTA DE TESIS

El propósito del presente plan es el modelado teórico de la dinámica de circuitos de qubits superconductores. El objetivo central es profundizar nuestra comprensión de los fenómenos físicos involucrados trabajando con parámetros realistas para emular experimentos. Se pondrá especial atención a los procesos de decoherencia y disipación generados por el acoplamiento con el entorno disipativo, caracterizado principalmente por el medio externo y el circuito de medición. Para ello se emplearán herramientas numéricas y analíticas, para resolver ya sea la ecuación para la evolución de la matriz densidad en la aproximación markoviana o la ecuación de Schrodinger dependiente del tiempo en presencia de ruidos externos (ec. de Schrodinger estocástica). Se planea emplear el formalismo de Floquet para el estudio de nanocircuitos forzados por campos externo periódicos de alta intensidad [6], con la intención de modelar estrategias de control basadas en transiciones Landau-Zener-Stuckelberg.

Dependiendo de las inquietudes del/de la tesista, el trabajo se puede orientar en dos líneas diferentes:

- (a) **Dinámica y entrelazamiento de qubits superconductores acoplados: Generación de entrelazamiento mediante modulación periódica de radiofrecuencia de alta amplitud en el acoplamiento entre qubits.** En este caso la tesis continuara estudios previos de generación de entrelazamiento en el estado estacionario [7] en qubits acoplados. El trabajo podrá extenderse a forzamiento periódico en una configuración de “waveguide quantum electrodynamics” [8].
- (b) **Simulación de trayectorias cuánticas en circuitos de qubits: implementación numérica de métodos estocásticos en la ecuación de Schrodinger en la representación de Floquet.** En experimentos en qubits superconductores se han podido observar trayectorias cuánticas individuales realizando mediciones débiles [9]. Motivado por esto, en esta línea de propuesta de tesis se simularan trayectorias cuánticas empleando el método de saltos cuánticos [10], extendido a los estados de Floquet. [11], para calcular la estadística del trabajo cuántico, del calor y de la producción de entropía en los patrones de interferencia de Landau-Zener-Stuckelberg.

El trabajo de tesis se realizara en colaboración con Maria Jose Sanchez.

Cursos que se recomiendan para el plan de formación: Teoría de Sólidos I (1), Teoría de Campos I (1), Física Mesoscopica, Superconductividad y Circuitos Cuánticos (1/2), Sistemas Cuánticos Abiertos (1/2), Integrales de Camino (1/2), Teoría de Muchos Cuerpos (1/2), Procesos Estocásticos y Estadística de Noequilibrio (1).

Bibliografía

- [1] Antonio Acín et al 2018 New J. Phys. 20 080201 y referencias allí citadas.
- [2] F. Arute et al , Nature 574, 505 (2019). W. D. Oliver, Nature 574, 487 (2019).
- [3] T. D. Ladd et al, Nature 464, 45 (2010).
- [4] M. H. Devoret, R.J. Schoelkopf, Science 339, 1169 (2013).
- [5] J. Preskill, Quantum 2, 79 (2018).
- [6] A. Ferrón, D. Domínguez, and M. J. Sánchez, Phys. Rev. B 93, 064521 (2016).
- [7] A. L. Gramajo, D. Dominguez, and M. J. Sanchez, Eur. Phys. J. B 90, 255 (2017), Phys. Rev. A 98, 042337 (2018), Phys. Rev. A 104, 032410 (2021).
- [8] B. Kannan et al, Nature 583, 775 (2020), B. Kannan et al, arXiv:2203.01430.
- [9] K.W. Murch, S. J. Weber, C. Macklin, and I. Siddiqi, Nature (London) 502, 211 (2013); S. J. Weber, A. Chantasri, J. Dressel, A. N. Jordan, K.W. Murch, and I. Siddiqi, Nature (London) 511, 570 (2014).
- [10] F.W. J. Hekking and J. P. Pekola, PRL 111, 093602 (2013); J. P. Pekola, Y. Masuyama, Y.

Nakamura, J. Bergli, and Y. M. Galperin, Phys. Rev. E 91, 062109 (2015).

[11] Heinz-Peter Breuer and Francesco Petruccione, Phys. Rev. A 55, 3101 (1997).

Metodología principal: **Teórico**

Metodología secundaria: **Computacional**

Información adicional:

¿Propone que el tema sea considerado para suplemento de beca por tema prioritario?**NO**

Justifique porqué su propuesta debe ser considerada como tema prioritario:

Indique Gerente o Jefe de Departamento que avala su petición: