

# **PROPUESTA DE TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS**

## DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA

Título de la propuesta: **Tecnologías cuánticas con redes de fluidos de luz**

Apellido y Nombres del director: **Alejandro Fainstein**

Teléfono: **02944823069**

Dirección electrónica del director (ingresar una sola dirección): **alex.fainstein@gmail.com**

Cargo IB: **Profesor Titular**

¿Propone codirector? : **SÍ**

Datos Co-director: **Andrés Reynoso**

Dirección electrónica del codirector (ingresar una sola dirección): **andres.a.reynoso@gmail.com**

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

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

Justifique brevemente el rol del Codirector: **Se trata de una propuesta teórico-experimental.**

**Andrés Reynoso es colaborador del Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica (GF-CAB) brindando el soporte teórico al proyecto.**

Lugar de realización: **Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica – Gerencia de Física**

## DETALLE TÉCNICO DE LA PROPUESTA

Orientación:

**Materia Condensada**

Breve descripción: **En el marco de la así llamada “segunda revolución cuántica”, se busca utilizar fenómenos cuánticos fundamentales, incluyendo la superposición y entrelazamiento de estados, para demostrar nuevos fenómenos y dispositivos. Simuladores y computación cuántica, sensores operando en el límite cuántico, comunicaciones seguras, son algunas de las aplicaciones que emergen en un campo de crecimiento explosivo. En este contexto se han propuesto como plataforma para las tecnologías cuánticas arreglos acoplados de resonadores que confinan luz y excitones de pozos cuánticos (equivalentes a átomos artificiales) [1,2]. La luz y los excitones se acoplan fuertemente dando lugar a nuevas cuasipartículas llamadas “polaritones”. Estas se comportan como bosones similares a la luz, pero con interacciones originadas en su componente excitónica. Una de las consecuencias es que pueden condensar en estados cuánticos macroscópicos llamados “fluidos de luz” [3]. Nuestro acercamiento combina estos dispositivos con fenómenos de optomecánica [4], a través de estructuras semiconductoras constituidas por arreglos de trampas que confinan estos condensados cuánticos y los acoplan fuertemente con vibraciones confinadas en los resonadores. Propiedades inusuales de tunneling cuántico de estos condensados, acoplamiento de condensados en trampas vecinas mediado por vibraciones, la generación de vibraciones coherentes (algo equivalente a un laser pero de sonido), y métodos novedosos para convertir información de microondas a luz, son algunas de las consecuencias de las interacciones en estos sistemas cuánticos híbridos [5-7].**

**El objetivo principal de este trabajo de tesis será el estudio de oscilaciones tipo Josephson, similares a las existentes en superconductores, en trampas acopladas de fluidos de luz. Proponemos la**

sintonización de estas oscilaciones tipo Josephson con la frecuencia de las vibraciones confinadas, como camino por un lado para la generación de un láser de sonido de ultra-alta-frecuencia, y por otro lado para usar ondas mecánicas para el control coherente de la interacción entre los estados cuánticos de trampas vecinas. En el camino la o él estudiante aprenderán sobre la electrodinámica cuántica en cavidades (la física alrededor del premio Nobel de Serge Haroche en 2012). También sobre la optomecánica cuántica en cavidades, fundamental en la concepción del experimento LIGO que hace pocos años detectó por primera vez ondas gravitatorias. Y sobre dispositivos semiconductores, cómo se usan estos para confinar luz, sonido, y electrones en novedosos cristales optomecánicos.

La propuesta se enmarca en un proyecto PICT2020 para “Áreas Científicas Consolidadas Internacionalmente” y en una colaboración con colegas del Instituto Paul Drude de Berlin, Alemania.

- [1] Kurizki, G., Bertet, P., Kubo, Y., Mølmer, K., Petrosyan, D., Rabl, P., and Schmiedmayer, J., Quantum technologies with hybrid systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, 3866 (2015).
- [2] Alexey Kavokin, Timothy C. H. Liew, Christian Schneider, Pavlos G. Lagoudakis, Sebastian Klemmt, and Sven Hoefling, Polariton condensates for classical and quantum computing, *Nat Rev Phys* (2022). <https://doi.org/10.1038/s42254-022-00447-1>.
- [3] Iacopo Carusotto and Cristiano Ciuti, Quantum fluids of light, *Rev. Mod. Phys.* 85, 299 (2013)
- [4] M. Aspelmeyer, T. J. Kippenberg, and F. Marquardt, Cavity optomechanics, *Rev. Mod. Phys.* 86, 1391 (2014).
- [5] D. L. Chafatinos, A. S. Kuznetsov, S. Anguiano, A. E. Bruchhausen, A. A. Reynoso, K. Biermann, P. V. Santos, and A. Fainstein, Polariton-driven phonon laser, *Nature Communications* 11, 4552 (2020).
- [6] A. A. Reynoso, G. Usaj, D. L. Chafatinos, F. Mangussi, A. E. Bruchhausen, A. S. Kuznetsov, K. Biermann, P. V. Santos, and A. Fainstein, Optomechanical parametric oscillation of a quantum light-fluid lattice, arXiv preprint arXiv:2112.15245 (*Physical Review B*, en prensa).
- [7] D. L. Chafatinos, A. S. Kuznetsov, P. Sesin, I. Papuccio, A. A. Reynoso, A. E. Bruchhausen, G. Usaj, K. Biermann, P. V. Santos, and A. Fainstein, Metamaterials of Fluids of Light and Sound, arXiv preprint arXiv:2112.00458.

Metodología principal: **Experimental**

Metodología secundaria: **Teórico**

Información adicional: **El carácter más teórico o experimental de la Tesis dependerá del interés y motivación del estudiante.**

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

Justifique por qué su propuesta debe ser considerada como tema prioritario:

Indique Gerente o Jefe de Departamento que avala su petición: