

Proyectos Practicas de Verano 2023

FG01: Migración Vertical Diaria en Materia Activa.....	3
FM01: Machine-learning force-fields of materials from quantum simulations.....	4
FM02: How to turn a singlet into a triplet ground state	4
MLC01: Motores bacterianos.....	5
LF01: Topological tricks for smarter materials.....	6
LF02: Interacción de la luz con la materia más allá del régimen perturbativo y adiabático.....	6
DS01: Predicciones sobre los parámetros cosmológicos utilizando el observable de lente débil.....	7
MLC02: Interacción entre plumas de bioconvección producidas por bacterias ‘north-seeker’ y ‘south-seeker’ bajo confinamiento	8
RS01: Análisis de los ciclos de ‘run and reversal’ en bacterias magnetotácticas.....	9
MLC03: Fenómenos colectivos de materia activa en interacción con diferentes geometrías: experimentos con Hexbugs.....	9
RS02: Acumulación de robots Hexbugs en una pared	10
RS03: Mojado por partículas autopropulsadas	11
IB01: Dinámica nuclear en tejidos celulares saludables y tumorales	12
NM01: El solitón malabarista	13
FL01: Scattering de Fonones por Cuerdas Cuánticas.	14
MF01: Formación de moléculas autoensambladas en superficies de óxidos metálicos	15
MF02: Crecimiento de películas delgadas de óxidos metálicos sobre sustratos planos	16
MF03: Fabricación de películas de óxidos metálicos sobre sustratos metálicos.....	17
MC01: Patrones desordenados en 3D y sobre un casquete esférico:	18
MC02: Redes de Abrikosov en cristales quirales:	19
MC03: Trampas magnéticas de vortices	20
MC04: Formación de patrones de vegetación en climas	21
MC05: Dinamica de frentes de sistema bistable óptico acoplada no recíprocamente	21
MC06: Método de continuación y diagrama de bifurcación:	22
VF01: Titanato de litio (óxido de litio y titanio) para baterías de ion litio.	23
VF02: Propiedades eléctricas vs composición de películas de BSTO.	24
MR01: Aceleración de electrones y positrones por bombeo magnético en nebulosas de pulsares usando simulaciones PIC.....	25
CH01: Estabilización de la temperatura en una celda de Rubidio	26
CH02: Hacia la generación de luz comprimida de dos modos	27

CH03: Transiciones “prohibidas” con láseres comunes	27
CH04: De estados coherentes a estados no gaussianos cuánticos	28
CH05: Disminuyendo el ruido en interferómetros de multi-puertos.....	28
CH06: Posibilidad de aplicación de la luz cuántica comprimida en modulación para comunicaciones	29
RV01: Control electrónico de la propagación de luz en Redes Fotónicas.....	29
RV02: Transformadores de Hadamard Fotónicos	30
RV03: Guías curvas superficiales para excitación evanescente de muestras biológicas.	31
RV04: Fabricación de redes fotónicas en profundidad vía átomos y moléculas fotónicas.....	31
RV05: Caracterización optomecánica de películas delgadas de cristales líquidos.....	32
CF01: Recuperación de energía por reconfiguración mecánica: túnel de viento	32
FB01: Efusión en un sistema cuántico.....	34
FB02: Colisiones, entrelazamiento y decoherencia	34

FG01: Migración Vertical Diaria en Materia Activa

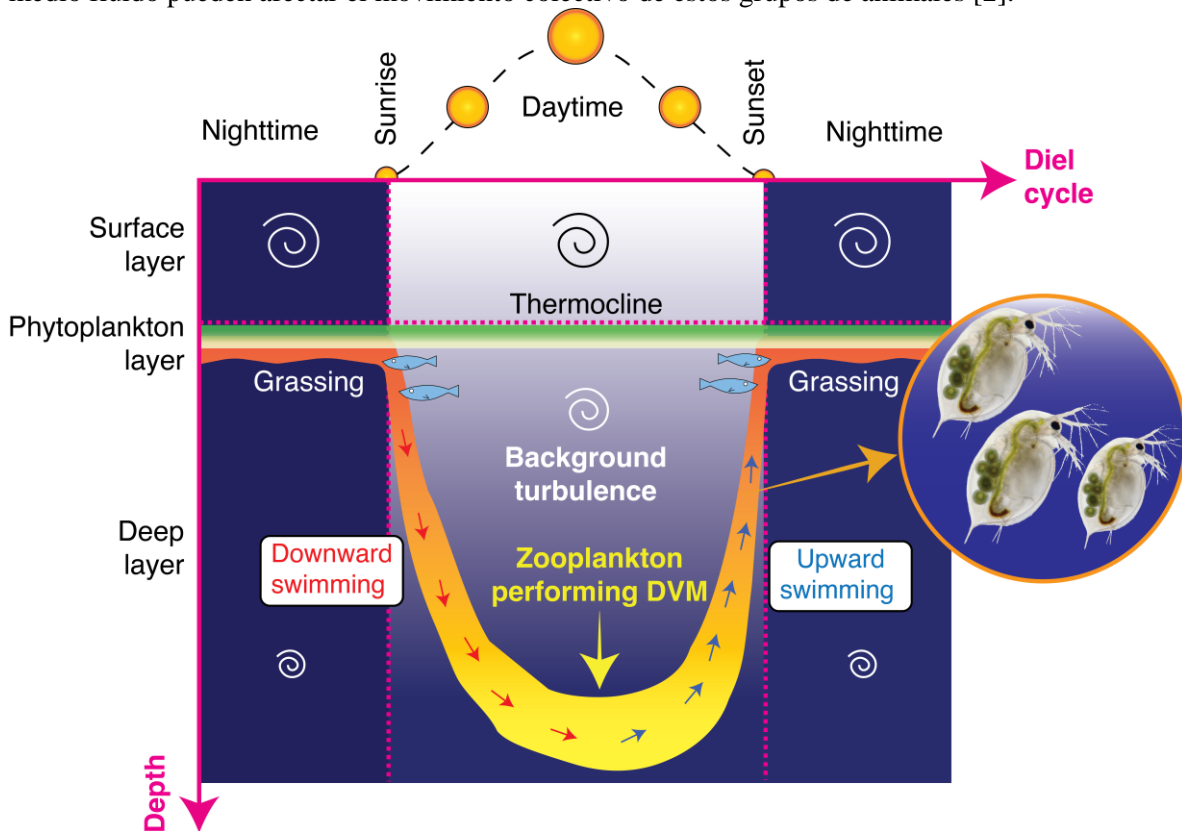
Investigadora a cargo: Francisca Guzmán

Vacantes: 1

La migración colectiva de microorganismos, en sistemas acuáticos, es uno de los fenómenos más misteriosos y masivos en escalas diurnas planetarias. Microorganismos, como el plankton, se pueden mover verticalmente por distancias de hasta ~ 1 km, desde la superficie de la zona fótica a las oscuras profundidades, a través de la columna de agua, para escapar de los predadores que aprovechando la luz salen a cazar.

A este fenómeno de migración se le llama Diel Vertical migration (DVM) y está modulado por la distribución espacio-temporal de la luz que penetra a través de la columna de agua, gradiente que determina la orientación del nado de los micronadadores [1].

Para este proyecto queremos estudiar la DVM desde un punto de vista del physics of life en donde modelaremos a los micronadadores de forma discreta y estudiaremos como las fluctuaciones en el medio fluido pueden afectar el movimiento colectivo de estos grupos de animales [2].



Referencias: [1] Richards, S. A., Possingham, H. P., & Noye, J. (1996). Diel vertical migration: modelling lightmediated mechanisms. *Journal of Plankton Research*, 18(12), 2199-2222. [2] Thorn, G. J., & Bearon, R. N. (2010). Transport of spherical gyrotactic organisms in general three-dimensional flow fields. *Physics of fluids*, 22(4), 041902.

FM01: Machine-learning force-fields of materials from quantum simulations

Investigador a cargo: Francisco Munoz
Vacantes: 1

Resumen: The simulation of materials by means of classical force-fields has been a ubiquitous tool to understand the properties of a material from an atomistic perspective. Nevertheless, they have to be carefully fitted for each material, and they are -at most- valid for certain conditions. And its usage outside that domain could lead to non-physical situations.[1]

In contrast, quantum mechanical calculations often are reliable, but computationally very expensive. By means of methods based on statistical learning, it is possible to create a on-the-fly classical force-field based on quantum calculations.[2] In this summer internship, we are going to build and test such force-fields, with emphasis on studying the mechanical properties of materials which are inaccessible by regular quantum mechanical simulations.

[1] Tangarife et al. Carbon 144, 177-184 (2019)

[2] Jinnouchi et al. Phys. Rev. Lett. 122, 225701 (2019)

FM02: How to turn a singlet into a triplet ground state

Investigador a cargo: Francisco Munoz

Resumen: Our group has found point defects from non-magnetic atoms with a triplet as a ground state.

This is quite unusual, but can be understood in terms of electrostatics and wave function symmetry. [1]

In this internship we are going to study simple numerical models to (i) quantify the relative energy between

singlet and triplet states, and (ii) apply these principles in real materials, to find a finite magnetic moment in

non-magnetic systems.[2]

[1] Pinilla, F., Vasquez, N., Maze, J. R., Cárdenas, C., & Munoz, F. (2022). Carbon-based single photon emitters in hexagonal boron nitride with triplet ground state. arXiv:2209.13735.

[2] Nair, R. R., Tsai, I. L., Sepioni, M., Lehtinen, O., Keinonen, J., Krasheninnikov, A. V., ... & Grigorieva, I. V. (2013). Dual origin of defect magnetism in graphene and its reversible switching by molecular doping. Nature communications, 4(1), 1-6.

Vacantes: 1

MLC01: Motores bacterianos

Investigadores: María Luisa Cordero, Cristian Villalobos

Vacantes: 1 o 2 estudiantes

Requisitos: De preferencia, manejar técnicas de microfabricación

En los últimos años, nuestro grupo ha desarrollado dos tipos de “motores bacterianos”, los que consisten en una suspensión densa de bacterias móviles encapsuladas al interior de una microgota. Cuando se encapsulan bacterias magnetotácticas (es decir, bacterias que son capaces de alinear su dirección de nado según la dirección del campo magnético), las bacterias forman un gran vórtice al interior de la gota al ser sometidas a un campo magnético constante [1]. Llamamos a este sistema un “motor rotacional” (figura 1, izquierda). En cambio, cuando las bacterias encapsuladas nadan de manera aleatoria, estas son capaces de organizar un movimiento colectivo llamado turbulencia activa, el cual es capaz de mover a la gota como un todo [2]. A este sistema le llamamos “motor traslacional” (figura 1, derecha).

La investigación en estos motores bacterianos está aún en proceso, y para poder estudiarlos de manera más sistemática necesitamos desarrollar un sistema que permita encapsular una suspensión de bacterias a una concentración controlada en gotas de tamaño reproducible. La práctica propuesta consiste, primero, en desarrollar un sistema que permita producir motores bacterianos de manera controlada. Para eso, se utilizarán métodos de microfabricación, como litografía óptica y litografía blanda. También se aprenderán métodos de cultivo y concentración de bacterias. Posteriormente, se estudiará uno de los dos tipos de motores bacterianos (a elección del practicante), en función de la densidad de bacterias y el tamaño de las gotas.

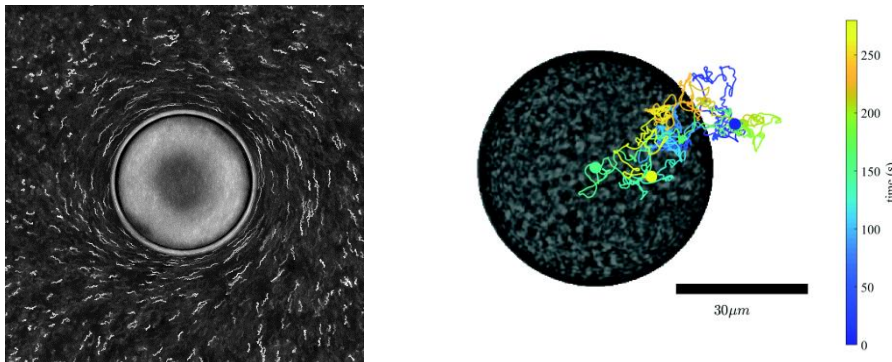


Figura 1: A la izquierda, un motor rotacional observado por microscopio. Se muestran simultáneamente varias imágenes consecutivas, de manera de apreciar la rotación de la gota mediante la trayectoria trazada por partículas fluorescentes (trazas blancas). A la derecha, un motor traslacional. A la imagen de la gota llena de bacterias, se le superpuso la trayectoria de la gota.

Referencias:

[1] B. Vincenti, G. Ramos, M. L. Cordero, C. Douarche, R. Soto y E. Clément, Magnetotactic bacteria in a droplet self-assemble into a rotary motor, *Nat. Commun.* 10, 5082 (2019)

[2] G. Ramos, M. L. Cordero y R. Soto, Bacteria driving droplets, *Soft Matter* 16, 1359-1365 (2020)

LF01: Topological tricks for smarter materials

Investigador a cargo: Luis E. F. Foa Torres

Hace más de 30 años, el descubrimiento de la cuantización exacta de la conductancia Hall en condiciones extremas de bajas temperaturas y altos campos magnéticos (el efecto Hall cuántico entero) abrió las puertas para el estudio de un nuevo tipo de orden [1]. Veintisiete años más tarde, predicciones teóricas llevaron al descubrimiento de propiedades similares sin necesidad de un campo magnético, como una propiedad intrínseca de un material [2]. Esto fue el origen de lo que hoy conocemos como aislantes topológicos [3], una nueva fase de la materia que desafía la clasificación usada hasta entonces en metales, aislantes y semiconductores.

La propuesta para esta práctica tiene dos partes, por un lado revisar los hitos salientes de la teoría de aislantes topológicos mediante simulaciones numéricas, y por el otro elegir un problema específico para estudiarlo con las herramientas aprendidas en la primera parte. Posibles problemas específicos incluyen: estudiar el efecto de diferentes tipos de desorden en la conductancia de estos sistemas; estudiar nuevas posibilidades para controlar las corrientes (de carga, valle, espín). Se requiere una fuerte motivación, muy buen manejo de Mecánica Cuántica y elementos de Física del Sólido. Más información sobre nuestro trabajo en [4].

[1] von Klitzing, Dorda, and Pepper, Phys. Rev. Lett. **45**, 494 (1980).

[2] König et al., Science **318**, 766 (2007).

[3] Hasan and Kane Rev. Mod. Phys. **82**, 3045 (2010).

[4] <http://www.foatorres.com/research/>

LF02: Interacción de la luz con la materia más allá del régimen perturbativo y adiabático

Investigador a cargo: Luis E. F. Foa Torres

La interacción de la luz con la materia está en el corazón de muchos avances científicos y también de innumerables aplicaciones. Durante los últimos años, muchos trabajos han apuntado al uso de la luz para cambiar las propiedades de un material y generar nuevos estados híbridos de electrones y fotones [1]. En estos casos más interesantes es crucial incluir efectos no adiabáticos y no perturbativos para capturar la física más interesante [2].

En esta práctica se propone realizar un trabajo que permita familiarizarse con algunas de las técnicas más usadas en este campo. Para ello abordaremos un problema simple cuya complejidad se irá aumentando durante la práctica, solamente tu imaginación pondrá el límite. Se requiere una fuerte motivación, muy buen manejo de elementos de Mecánica Cuántica (elementos de Física del Sólido son bienvenidos pero no imprescindibles). Más información sobre nuestro trabajo en [3].

[1] M. Rudner and N. Lindner Nature Reviews Physics **2**, 229 (2020).

[2] Ver por ejemplo esta escuela disponible en línea: <https://virtualseienceforum.org/floquet-school/>

[3] <http://www.foatorres.com/research/>

DS01: Predicciones sobre los parámetros cosmológicos utilizando el observable de lente débil

Investigador a cargo: Domenico Sapone, domenico.sapone@uchile.cl

Co-supervisora: Estudiante de Doctorado Daniela Grandón,

La Cosmología está atravesando una era fascinante donde futuros experimentos como el satélite Euclid y el telescopio Vera C. Rubin permitirán estudiar la evolución de las estructuras del Universo con gran precisión mediante el estudio del efecto lente gravitacional débil o cosmic shear. Este efecto produce una pequeña distorsión en las formas observadas de las galaxias debido a la distribución de materia total en el Universo.

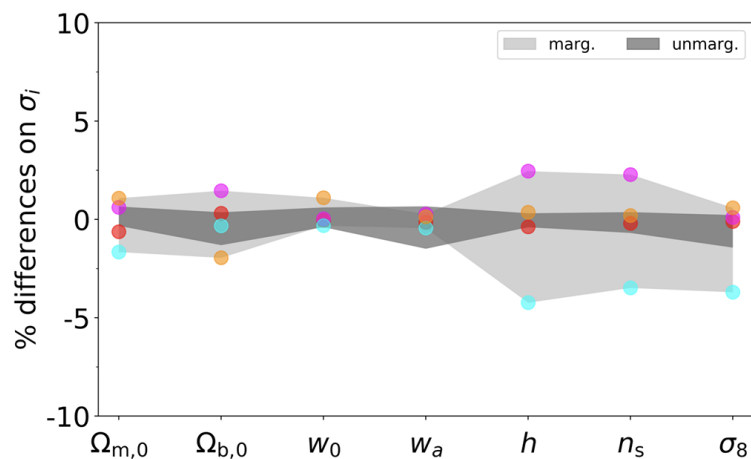
Un primer paso por la optimización de un experimento es predecir la sensibilidad con la cual se medirán los parámetros futuros. Este análisis proporciona la estrategia de observación.

El objetivo de este proyecto es la escritura de un código en python que calcule las predicciones sobre los parámetros cosmológicos utilizando el observable de lente débil utilizando las especificas del satélite Euclid.

Para llevar a cabo el trabajo el/la estudiante utilizará las siguientes bibliografías:

- Utilizará el artículo “Weak lensing for precision cosmology” para familiarizar con el efecto de lente débil, [1]
- Utilizará el artículo “Euclid preparation: VII. Forecast validation for Euclid cosmological probes” donde se propone la receta por la escritura del código, [2].
- instalar el código CAMB que servirá de input para la escritura del código de previsiones, [3].

Los resultados del código que calcula las previsiones tendrá que llegar a los mismos resultados obtenidos en [2] entre el 5%, como reportados en figura.



- [1] <https://arxiv.org/pdf/1710.03235.pdf>
[2] <https://arxiv.org/pdf/1910.09273.pdf>
[3] <https://camb.info/>

MLC02: Interacción entre plumas de bioconvección producidas por bacterias 'north-seeker' y 'south-seeker' bajo confinamiento

Investigadores a cargo: María Luisa Cordero, Benjamín Oliva y Guillermo Fadic.
Vacantes: 1 estudiante.

Las bacterias magnetotácticas (MTB) (figura 1) son micronadadores unicelulares capaces de dirigir su dirección de nado a favor (north-seeker) o en contra (south-seeker) de las líneas de algún campo magnético externo aplicado [1]. Suspensiones densas de MTB han mostrado la capacidad de realizar un tipo de movimiento colectivo conocido como bioconvección [2, 3] al estar expuestas a confinamiento y a campos magnéticos homogéneos. En un trabajo en curso, se ha observado la formación de patrones (figura 2), mostrando una dinámica particular cuando la altura del confinamiento tiene un valor específico. Se propone a el/la practicante utilizar dispositivos microfluidicos para observar dicha dinámica para distintas alturas de confinamiento. Aprenderá protocolos de cultivo de bacterias y técnicas de análisis de imágenes.

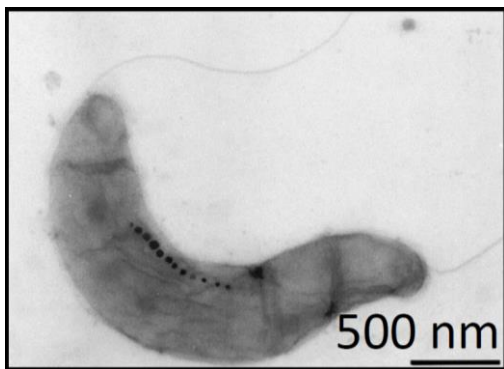


Figura 1

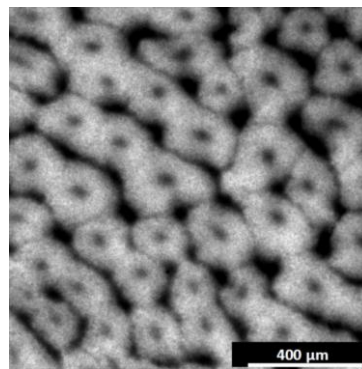


Figura 2

- [1] D Schüler and RB Frankel. *Bacterial magnetosomes: microbiology, biomineralization and biotechnological applications*. Applied Microbiology and Biotechnology, **52**, 464 (1999).
[2] MA Bees. *Advances in bioconvection*. Annual Review of Fluid Mechanics, **52**, 449 (2020).
[3] A Théry, L Le Nagard, JC Ono-dit-Biot, C Fradin, K Dalnoki-Veress, and E Lauga. *Self-organisation and convection of confined magnetotactic bacteria*. Scientific reports, **10**, 1 (2020).

RS01: Análisis de los ciclos de 'run and reversal' en bacterias magnetotácticas.

Investigadores a cargo: Rodrigo Soto, María Luisa Cordero, Benjamín Oliva y Guillermo Fadic.
Vacantes: 1 estudiante.

Las bacterias magnetotácticas (MTB) (figura 1) son micronadadores unicelulares capaces de orientar su dirección de nado a las líneas de campos magnéticos externos [1]. Una vez orientadas, pueden nadar a favor o en contra del campo, realizando ciclos de reversión del sentido de nado [2] (figura 2). Sin embargo, el tiempo en que las bacterias persisten en alguno de estos modos no ha sido caracterizado completamente. En particular no se sabe si los tiempos siguen una distribución de Poisson o tienen colas largas como las observadas en otras bacterias [3]. En esta línea, se propone a el/la practicante un experimento que utilice dispositivos microfluidicos para extraer información sobre la evolución temporal de estos ciclos. El/la practicante seleccionado/a deberá aprender los protocolos de cultivo de estas bacterias y obtener videos utilizando un microscopio para extraer información que pueda ayudar a caracterizar su estrategia de nado, apoyándose de herramientas de tracking.

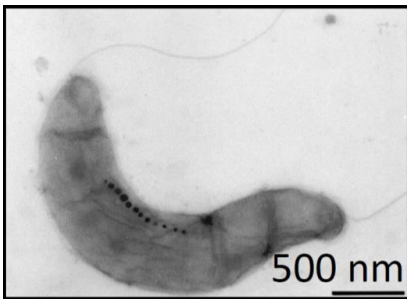


Figura 1

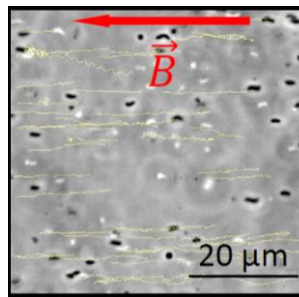


Figura 2

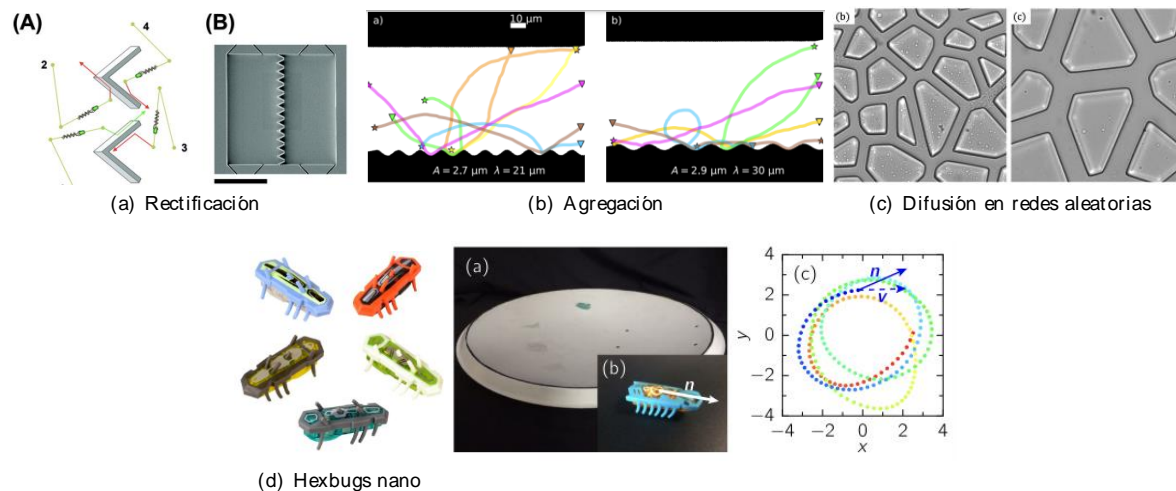
- [1] D Schüler and RB Frankel. *Bacterial magnetosomes: microbiology, biomineralization and biotechnological applications*. Applied Microbiology and Biotechnology, **52**, 464 (1999).
- [2] E. Lauga, and TR Powers. *The hydrodynamics of swimming microorganisms*. Reports on progress in physics, **72**, 096601 (2009).
- [3] N Figueroa-Morales, R Soto, G Junot, T Darnige, C Douarche, VA Martinez, A Lindner, and E Clément. *3D Spatial Exploration by E. coli Echoes Motor Temporal Variability*. Physical Review X **10**, 021004 (2020).

MLC03: Fenómenos colectivos de materia activa en interacción con diferentes geometrías: experimentos con Hexbugs

Investigadores a cargo: María Luisa Cordero, Rodrigo Soto, Juan Pablo Carrillo y Edgardo Rosas
Cupos: 2 estudiantes.

La física de la materia activa se encarga de estudiar sistemas compuestos por un gran número de agentes que son capaces de extraer energía de su entorno para autopropulsarse. Algunos ejemplos clásicos de materia activa son una bandada de aves, un cardumen de peces o un cultivo de bacterias.

De las dinámicas colectivas de estos sistemas fuera del equilibrio térmico emergen comportamientos complejos que constituyen un campo de investigación en la actualidad. Se ha observado en experimentos con bacterias que la geometría del entorno con la que interactúan juega un papel crucial en fenómenos como la rectificación, agregación y difusión. En particular, para el fenómeno de rectificación, una geometría de tipo ratchet es esencial para romper la simetría espacial, generando así una dirección de nado privilegiada. En el fenómeno de agregación, la geometría de las paredes controla el nivel de acumulación de bacterias en las mismas. Por otra parte, al confinar bacterias en una red aleatoria, el desorden de la red y la separación de las paredes tiene efectos en su difusión efectiva. En esta práctica se busca estudiar de manera experimental los fenómenos de rectificación, agregación y difusión en redes aleatorias utilizando como agentes activos pequeños robots llamados Hexbugs nano.



[1] C Bechinger, et al. *Active particles in complex and crowded environments*. Reviews of Modern Physics, **88**, 045006 (2016).

[2] O Dauchot and V Démery. *Dynamics of a self-propelled particle in a harmonic trap*. Physical review letters, **122**, 068002 (2019).

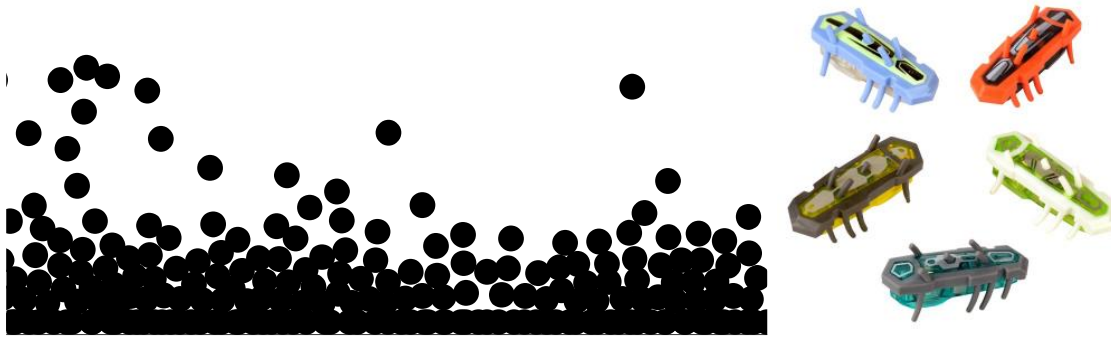
RS02: Acumulación de robots Hexbugs en una pared

Investigadores a cargo: Rodrigo Soto, Juan Pablo Carrillo y Edgardo Rosas

Vacantes: 2 estudiantes.

Las bacterias y otros microorganismos se mueven de manera persistente, es decir, por mucho tiempo en la misma dirección. Cuando llegan a una pared, siguen apuntando hacia la pared hasta que lentamente cambian de dirección. Si en ese tiempo llega otra bacteria, la bloquea y empieza a formarse una acumulación de micronadadores [1]. Este “mojado activo” de paredes es un proceso de fuera del equilibrio que no se entiende completamente. Ocurren diversos fenómenos que falta por caracterizar como las avalanchas en que varios nadadores escapan simultáneamente o el reacomodo de estos en la capa. En vez de usar bacterias, en esta práctica los/as estudiantes trabajarán con Hexbugs nano, que son robots de unos pocos centímetros, los que será cubiertos con una carcasa para que tengan distintas formas [2]. La idea es ponerlas en un plano inclinado, limitado por una pared, en que se pueda variar

la gravedad. Usando observación directa y análisis de imágenes capturadas por cámaras de video, se busca que caractericen cualitativa y cuantitativamente los fenómenos que ocurren.



[1] N Sepúlveda and R Soto. *Wetting transitions displayed by persistent active particles*. Physical review letters **119**, 078001 (2017).

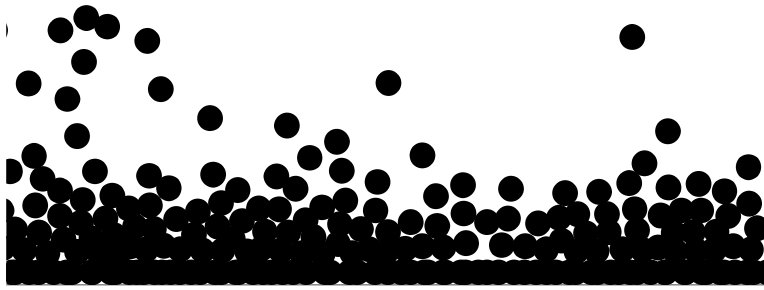
[2] O Dauchot and V Démery. *Dynamics of a self-propelled particle in a harmonic trap*. Physical review letters, **122**, 068002 (2019).

RS03: Mojado por partículas autopropulsadas

Investigador a cargo: Rodrigo Soto

Vacantes: 1 estudiante.

Las bacterias y otros microorganismos se mueven de manera persistente, es decir, por mucho tiempo en la misma dirección. Cuando llegan a una pared, siguen apuntando hacia la pared hasta que lentamente cambian de dirección. Si en ese tiempo llega otra bacteria, la bloquea y empieza a formarse una acumulación de micronadadores [1]. Este “mojado activo” de paredes es un proceso de fuera del equilibrio que no se entiende completamente. En el mojado clásico por moléculas con fuerzas atractivas (por ejemplo, H₂O), la teoría de Cahn-Hilliard dice que el espesor de la capa crece debido a la minimización de una energía libre. En el caso de partículas autopropulsadas, hay una teoría, Active-B, que propone una ecuación que no viene de una energía libre. Se propone comparar cualitativa y cuantitativamente las teorías de Cahn-Hilliard y Active-B para partículas autopropulsadas. Para eso el/la estudiante deberá realizar simulaciones de partículas con un código que ya está desarrollado de manera de medir los perfiles y tasas de crecimiento y resolver numéricamente las ecuaciones de Cahn-Hilliard y Active-B para predecir los perfiles y tasas de crecimiento. Se busca encontrar una signatura que la dinámica de partículas autopropulsadas no sigue una energía libre por lo que está intrínsecamente fuera del equilibrio y si es posible medir el el coeficiente que caracteriza la dinámica de no equilibrio.



[1] N Sepúlveda and R Soto. *Wetting transitions displayed by persistent active particles*. Physical review letters **119**, 078001 (2017).

[2] ME Cates. *Active Field Theories*. Lecture Notes for les Houches 2018 Summer School on Active Matter and Nonequilibrium Statistical Physics. arXiv:1904.01330 (2019).

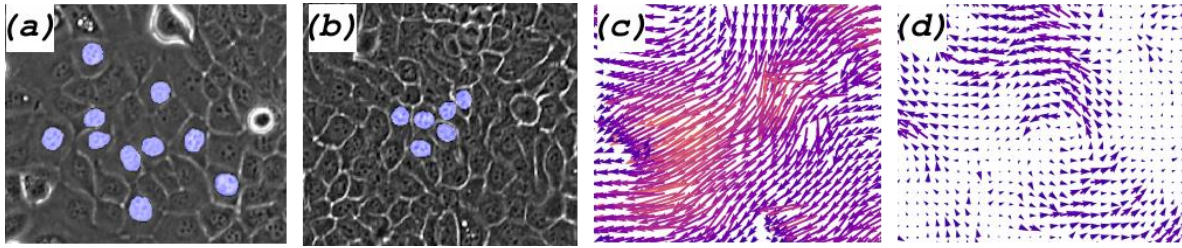
IB01: Dinámica nuclear en tejidos celulares saludables y tumorales

Investigadores a cargo: Paulo Casagrande Godolphim, Ignacio Bordeu.
Vacantes: 1 estudiante.

En la física de los medios granulares, el atascamiento o *jamming* es un fenómeno en el cuál la velocidad de las partículas disminuye significativamente una vez que la fracción de empaquetamiento supera un valor crítico (en 2D este valor es 0.84 [1]). En tejidos biológicos, *e.g.*, durante la cicatrización de heridas, también se observa una caída en la velocidad celular con el aumento de la densidad

(<https://drive.google.com/file/d/119wnp2VRR-7e52XoiTpLC1gBu4rLOMmu/view?usp=sharing> y https://drive.google.com/file/d/1x8w7zgSEY0M7RxtRZJtRVf7IU6FTJkt/view?usp=share_link).

Sin embargo, para explicar la transición, en la literatura se consideran otros observables celulares como la adhesión, la persistencia y la autopropulsión [2]. Esto pasa porque en un tejido, las células cubren todo el espacio, de forma que su fracción de empaquetamiento es idénticamente 1. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto para los núcleos celulares, los cuales, por lo general, ocupan una fracción de una célula, y tienen una dinámica parcialmente desacoplada de la de su célula. En este proyecto, se propone estudiar las propiedades de núcleos celulares durante la transición de jamming. El núcleo, al ser una estructura estable de la célula, proporcionará una lectura alternativa de observables como la fracción de empaquetamiento, además de entregar información valiosa sobre el estado de la célula en cuestión, por medio de sus cambios morfológicos y dinámica, durante la transición. En este proyecto tendrá un alto componente de análisis e interpretación de datos experimentales, utilizando herramientas accesibles como el Labkit y bibliotecas en Python. Se evaluará la posibilidad de utilizar *machine learning* para la segmentación de células y núcleos en videos de mono capas epiteliales de células humanas sanas y tumorales [3].



Celdas y campos de velocidad antes (a, c) y después (b, d) de la transición de atascamiento. Núcleos coloreados en azul usando Labkit [3].

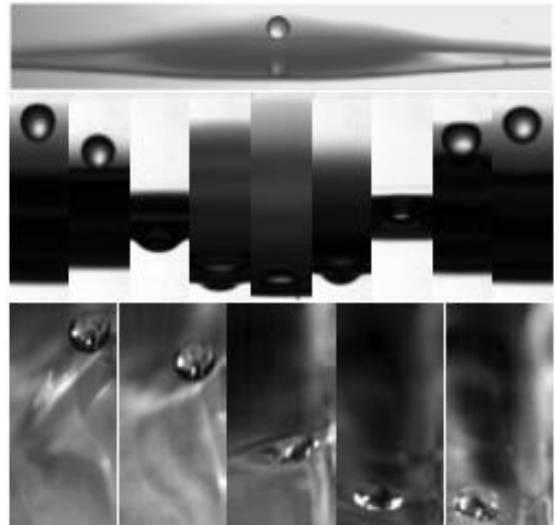
[1] R.P. Behringer and B. Chakraborty, Reports on Progress in Physics **82**, 012601 (2019).
 [2] L. Atia, J.J. Fredberg, N.S. Gov, and A.F. Pegoraro, Cells Development **168**, 203727 (2021).
 [3] P.C. Godolphim, Master Thesis, Probing tumor aggressiveness via image analysis, LUME, UFRGS (2021).

NM01: El solitón malabarista

Investigador a cargo: Nicolás Mujica

Vacantes: 2 cupos

Recientemente se ha descubierto y estudiado la física de gotas milimétricas o sub-milimétricas que pueden rebotar sobre una capa del mismo líquido que es vibrado verticalmente, sin que ocurra coalescencia entre ellos. Esto es posible debido a la existencia de una fina capa de aire que hace de colchón para la gota, la cual se renueva en cada colisión [1]. Esto se logra cuando la capa de agua es vibrada sinusoidalmente a una frecuencia fija y a una amplitud justo por debajo de la inestabilidad de ondas de Faraday. El asunto se puso súper interesante cuando se encontró que las gotas pueden excitar modos de ondas de Faraday, que por estar justo debajo del umbral sobreviven mucho tiempo. Esto produce que la gota interactúa con una onda que ella misma generó en el pasado. Los efectos de memoria que ocurren hacen que el sistema sea una representación macroscópica de la dualidad onda-partícula [2]. Hay una gran variedad de analogías hidrodinámicas de sistemas cuánticos que han sido reportados [3].



Más recientemente ha surgido el interés por la interacción de la gota con las ondas por encima del umbral de Faraday; en este caso, la o las gotas interactúan con la onda de la inestabilidad y entre ellas, y posiblemente consigo mismas, mediante las ondas que emiten en cada colisión con la onda de la

inestabilidad. El caso de una onda de Faraday del tipo solitón hidrodinámico no propagativo es particularmente interesante. Esta estructura localizada es capaz de realizar malabares con una o más gotas, hasta 4 simultáneamente. Hasta ahora, nuestro estudio se ha enfocado en determinar la región de estabilidad de este solitón malabarista con una sola gota, en caracterizar los posibles estados dinámicos, en poner en evidencia la sincronización de la gota con la onda, y, por último, su desintonización con respecto a su modo fundamental de oscilación [4]. En esta práctica, se propone estudiar experimentalmente las regiones de estabilidad de 2, 3 y 4 gotas, sus estados dinámicos y la interacción que éstas tienen entre ellas y la onda subyacente, el solitón.

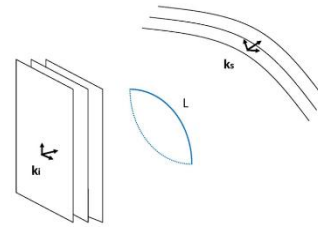
- [1] Y. Couder, E. Fort, C.-H. Gautier, A. Boudaoud, From bouncing to floating: Noncoalescence of drops on a fluid bath, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 177801 (2005).
- [2] Y. Couder, S. Protiere, E. Fort, A. Boudaoud, Dynamical phenomena: Walking and orbiting droplets, *Nature* **437**, 208 (2005).
- [3] J. W. M. Bush and A. U. Oza, Hydrodynamic quantum analogs, *Reports on Progress in Physics* **84**, 017001 (2020).
- [4] C. Sandivari, J. Egge, B. Barraza, L. Gordillo, N Mujica, The juggling soliton: a new kind of wave-particle entity, enviado a *Phys. Rev. Fluids* (2022).

FL01: Scattering de Fonones por Cuerdas Cuánticas.

Investigadores a cargo: F. Lund, B. Scheihing

Vacante: 1 estudiante

La interacción de fonones con dislocaciones ha sido estudiada por décadas en el marco de la mecánica clásica. Este es un tema particularmente relevante para el estudio de materiales termoeléctricos. Sin embargo, la interacción cuántica ha sido estudiada principalmente en el caso que la dislocación es infinitamente larga y estática. El marco general del proyecto busca desarrollar una teoría cuántica de fonones en interacción con



dislocaciones, en que estas últimas son objetos dinámicos de longitud finita. Para ello estos defectos unidimensionales son modelados como cuerdas que oscilan en torno a una posición de equilibrio. La figura indica el mecanismo básico de scattering: un fonón incide sobre una dislocación, ésta responde oscilando, y al hacerlo re-emite fonones escatereados. Recientemente, este proceso ha sido estudiado para una dislocación cuántica en un sólido infinito, pero los efectos de la geometría del sólido todavía no han sido estudiados.

Proyecto específico: Calcular el coeficiente de transmisión y de reflexión de fonones que se propagan a lo largo de una red discreta unidimensional, acoplada con una dislocación representada por una cuerda elástica. Según el interés de la(el) estudiante, se puede extender el proyecto a otras geometrías, o aplicaciones de transporte térmico en sólidos.

Requisitos: Mecánica Cuántica 1, Física del Sólido (deseable pero no requerido).

Referencias:

- D. Churochkin et al., “Multiple scattering of elastic waves by pinned dislocation segments in a continuum”, *Wave Motion* 60 (2016) 220;
- B. Sun et al., “Dislocation-induced thermal transport anisotropy in singlecrystal group-III nitride films”, arXiv: 1804.02825[cond-mat.mtrl-sci].
- F. Lund, B. Scheihing, “The scattering of phonons by infinitely long quantum dislocation segments and the generation of thermal transport anisotropy in a solid threaded by many parallel dislocations.” *Nanomaterials* 2020, 10, 1711, arXiv: 2007.11701 [cond-mat.mtrl-sci].
- F. Lund, B. Scheihing, “Scattering of phonons by quantum-dislocation segments in an elastic continuum,” *Phys. Rev. B* 99 214102 (2019). arXiv: 1901.10298 [cond-mat.mtrl-sci].

MF01: Formación de moléculas autoensambladas en superficies de óxidos metálicos

Profesores Guías: Diego Rodriguez (estudiante de doctorado) y Marcos Flores Carrasco

Lugar: Laboratorio de Superficies y Nanomateriales

Cupo: 1 Estudiante.

Con el advenimiento de nuevas técnicas experimentales para la realización y caracterización de superficies, es que se han explorado las propiedades de películas de óxidos metálicos funcionalizadas. Entre las varias técnicas de funcionalización de superficies están las moléculas autoensambladas en superficies (SAMs) [1]. Las SAMs son una nueva clase de materiales con prometedoras aplicaciones en diferentes campos tecnológicos, como nanofabricación, detección química y biológica, así como para la inhibición de la oxidación y/o evitar la biocorrosión [2]. Todas estas han sido bien realizadas y entendidas en superficies de películas metálicas, pero poco se entiende de la formación de SAMs en superficies de óxidos metálicos y su implicancia en las propiedades de dichas películas [3]. Entre recientes aplicaciones se encuentra que estabilizan la interfase entre el cátodo y el electrolito de baterías de ion litio que mejorarían su desempeño en los ciclos de carga/descarga.

En el presente proyecto se estudiarán las condiciones de deposición de SAMs en superficies de óxido de metal de transición LiMn_2O_4 . Las SAMs serán realizadas mediante la técnica de deposición por evaporación en condiciones de alto vacío. Las propiedades electrónicas de las muestras resultantes serán determinadas mediante microscopía de fuerza atómica con puntas conductoras y espectroscopía de electrones fotoemitidos por rayos UV.

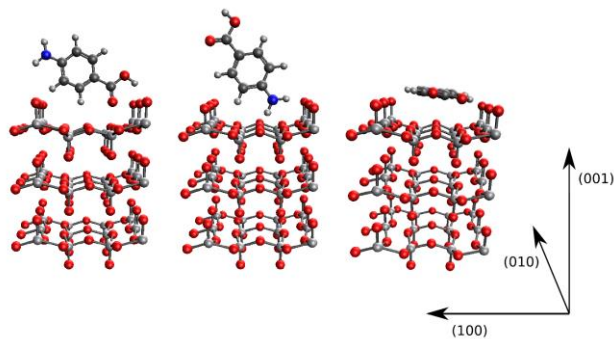


Figura 1: Posibles configuraciones de la adsorción de la molécula PABA en superficies de pentóxido de vanadio.

Referencias:

1. Jia et al, J. Phys. Chem. C 2014, doi:10.1021/jp509184t.
2. Flores et al, Mat. Chem. Phys. 2018, doi:10.1016/j.matchemphys.2018.01.034.
3. Dietrich et al, J. Phys. Chem. C 2021, doi:10.1021/acs.jpcc.1c01774.

MF02: Crecimiento de películas delgadas de óxidos metálicos sobre sustratos planos

Profesores Guías: Vicente Diaz (estudiante de doctorado) y Marcos Flores Carrasco

Lugar: Laboratorio de Superficies y Nanomateriales

Cupo: 1 estudiante.

Los óxidos metálicos son materiales que han sido intensamente estudiados por diversas aplicaciones en particular sus prestaciones como materiales catódicos en baterías de ion litio, como por ejemplo óxidos de vanadio (V_2O_5), óxido de manganeso litio ($LiMn_2O_4$), etc. Para este tipo de aplicaciones se buscan materiales que tengan buena conducción iónica y baja conducción electrónica, de tal forma que funcionen bien almacenando energía en forma de carga. Existen diversas técnicas químicas y físicas de síntesis de estos materiales, las cuales han sido muy exitosas en la obtención de material en forma volumétrica o de polvo con tamaño micrométrico y/o poroso [1], pero existen pocos estudios de técnicas físicas para la obtención de películas delgadas [2].

En esta propuesta experimental se estudiará la formación de películas nanométricas de LMO mediante cañón de electrones. Se determinarán las condiciones óptimas de deposición para la obtención de material con arreglo cristalino principalmente tipo espinela. La topografía de las películas resultantes será estudiada mediante microscopia de fuerza atómica, como en la figura 1, su morfología por difracción de rayos X y la estructura electrónica de su banda de valencia por espectroscopia de electrones fotoemitidos por rayos UV. Esta información será correlacionada con las condiciones de preparación de las muestras.

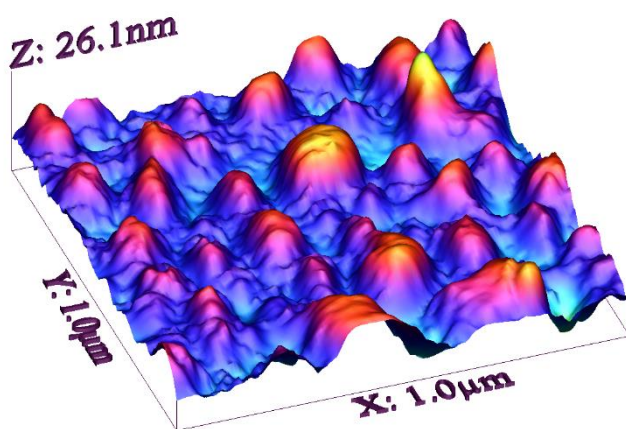


Figura 1: Imagen topográfica de un depósito de LMO sobre silicio a temperatura ambiente.

Referencias:

1. Zeng et al, Adv. Sci. 2018, doi: 10.1002/advs.201700592..
2. Siller et al, ACS Appl. Mater. Interfaces 2022, doi:10.1021/acsami.2c10798

MF03: Fabricación de películas de óxidos metálicos sobre sustratos metálicos

Profesores guías: Francisca Luco Castro (tesista de Doctorado) y Marcos Flores Carrasco.

Lugar: Laboratorio de Superficies y Nanomateriales.

Cupo: 1 estudiante.

Como materiales de cátodo en baterías de ion-litio se aplican principalmente óxidos de metales de transición de diferentes estructuras, en las que los iones de litio se desintercalan e intercalan durante el proceso de carga y descarga. Uno de esos materiales es el óxido de níquel manganeso litio (LNMO), el cual se investiga intensamente debido a su alto voltaje de trabajo, además de su bajo costo y baja toxicidad. Dependiendo del proceso de fabricación de LNMO se pueden originar diferentes tipos de este material, los cuales dependen de la cantidad de níquel contenida en su estructura. Se ha reportado que mientras mayor sea el contenido de níquel en su estructura, éste será más estable y suprime en gran medida la disolución de manganeso durante el ciclado, además de mejorar la capacidad de velocidad y el rendimiento del ciclo [1].

Específicamente, la estructura tipo de espinela de LNMO se considera como uno de los candidatos más promisorios como materiales catódicos de 5 V porque tiene vías rápidas de difusión tridimensional de iones de litio, posee alta densidad de derivación ($>1.8 \text{ g/cm}^3$), alto potencial de funcionamiento ($\sim 4,7 \text{ V}$ frente a Li/Li^+), alta densidad de energía ($\sim 650 \text{ mWh/g}$) y alta seguridad de operación [2].

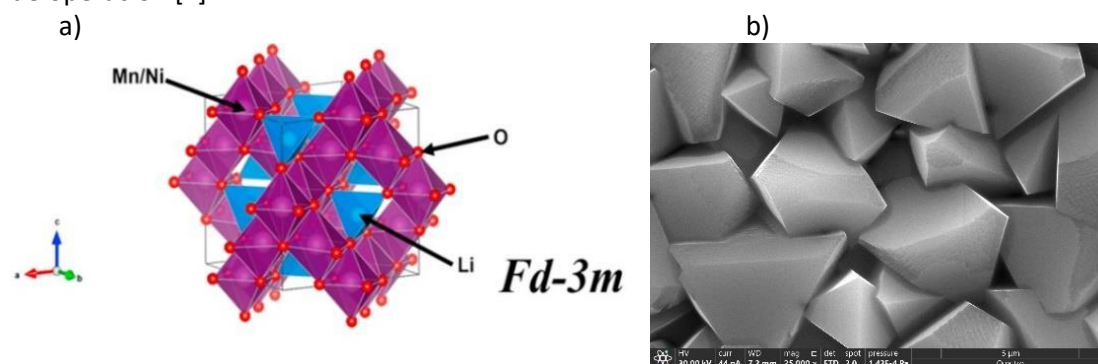


Figura 1. a) Estructura cristalina de LNMO tipo Fd-3m. b) Imagen FESEM de película de LNMO.

Esta propuesta experimental tiene como objetivo la fabricación de películas de LNMO sobre superficies de metales de electrodo estándar mediante descomposición metalorgánica y deposición química en fase de vapor con distintos disolventes y flujos de gas.

Se estudiará la influencia de estos flujos en la formación de este material, así como otras condiciones óptimas para la obtención de la fase cristalina tipo espinela. La topografía del material resultante será estudiada mediante microscopía de fuerza atómica y microscopía electrónica de barrido (Figura 1), su morfología por difracción de rayos X, y su estructura electrónica por espectroscopía de fotoelectrones emitidos por rayos UV.

Finalmente, se estudiarán sus propiedades electroquímicas mediante voltametría cíclica.

Referencias:

[1] H. Zhou et al., RSC Adv., 2015. doi: 10.1039/C5RA21884E

[2] W. Liang et al., J. Mater., 2021. doi: 10.1016/j.jmat.2021.02.003

Los sistemas macroscópicos mantenidos fuera del equilibrio termodinámico por medio de inyección de energía, partículas y momentum exhiben interesantes comportamientos dinámicos tales como oscilaciones, comportamientos caóticos, y patrones entre otros. Los patrones se caracterizan por ser auto organización espacial que exhibe algún motivo que se repite espacialmente, ejemplos típicos de esto son las dunas, las montañas, pelajes de mamíferos, alas de mariposas, huellas digitales, formas de la mano del ser humano.

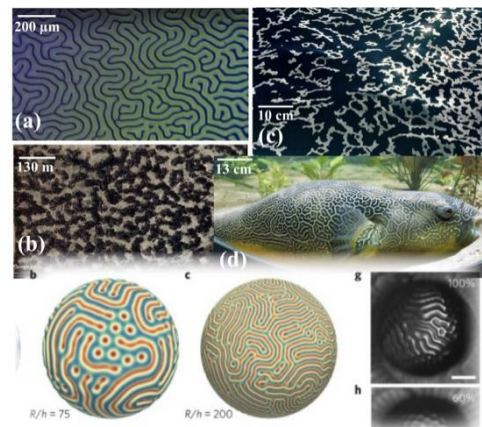
MC01: Patrones desordenados en 3D y sobre un casquete esférico:

Prof.: Marcel G Clerc.

Estudiante postgrado encargado: Sebastián Echeverría

Requisito: Mecánica Clásica.

Recientemente basados en modelos prototipo hemos caracterizado patrones desordenados laberínticos bidimensionales en diferentes contextos físicos, vegetación, reacciones químicas y sistemas ópticos [1-4]. Estos intrigantes patrones han sido observados sobre casquetes esféricos patrones (ver figura) y su respectiva extensión tridimensional. Sin embargo, su caracterización es un problema Abierto. **El objetivo de la práctica de verano será realizar estudio teórico de la autor-organización de patrones desordenados en 3D y sobre un casquete esférico.** En Particular, se caracterizará los diferentes patrones y transiciones entre estos.



Bibliografía

- [1] S. Echeverría-Alar, and M.G. Clerc, Labyrinthine patterns transitions, Phys. Rev. Research 2, 042036(R) (2020)
- [2] M.G. Clerc, Echeverría-Alar and M. Tlidi, Localised labyrinthine patterns in ecosystems, Scientific Reports 11, 18331 (2021).
- [3] M.G. Clerc, S. Echeverría-Alar, and M. Tlidi, Localized states with nontrivial symmetries: Localized labyrinthine patterns, Phys. Rev. E 105, L012202 (2022).
- [4] M.G. Clerc, G. González-Cortés, and S. Echeverría-Alar, Localized dissipative vortices in chiral nematic liquid crystal cells, Phys. Rev. Research 4, L022021 (2022).

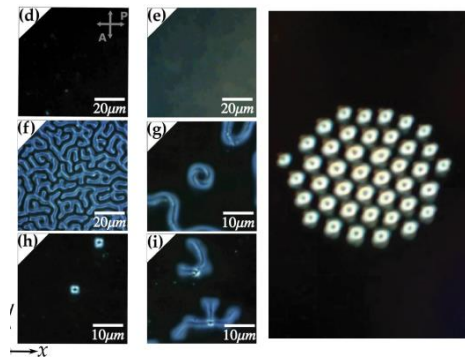
MC02: Redes de Abrikosov en cristales quirales:

Prof.: Marcel G Clerc.

Estudiante postgrado encargado: Sebastián Echeverría

Requisito: Mecánica Clásica.

La inclusión de moléculas quirales en cristales líquidos nemáticos hacen que estos exhiban inesperados comportamientos como burbujas quirales (esferulitas), patrones laberínticos topológicos, estados homogéneos quirales entre otros [1-3], ver figura. Las esferulitas son soluciones localizadas topológicas (vórtices localizados). La interacción y la auto organización de estas estructuras no ha sido establecida. Recientemente en un experimento preliminar en una gota de cristal líquido quiral observamos como resultado la formación de una red hexagonal, ver figura. Esto es la contraparte de redes de vórtices topológicas predichas en el contexto de superconductores, condensados de Bose Einstein y superfluidos. **El objetivo de la práctica de verano será realizar estudio experimental y teórico de redes de vórtices localizados en cristales líquidos quirales.** En Particular, se caracterizará la interacción de los vórtices localizados, la formación de las redes como función de la temperatura y tamaño de las gotas. Los estudios experimentales se llevarán a cabo en el laboratorio de fenómenos robustos en óptica (**LAFER**, <https://www.cec.uchile.cl/~lafer/>).



Bibliografía

- [1] P. G. de Gennes and J. Prost, The Physics of Liquid Crystals, 2nd ed. (Clarendon Press, Oxford, UK, 1993).
- [2] P. Oswald and P. Pieranski, Nematic and Cholesteric Liquid Crystals (CRC Press, London, 2005).
- [3] M.G. Clerc, G. González-Cortés, and S. Echeverría-Alar, Localized dissipative vortices in chiral nematic liquid crystal cells, Phys. Rev. Research 4, L022021 (2022)

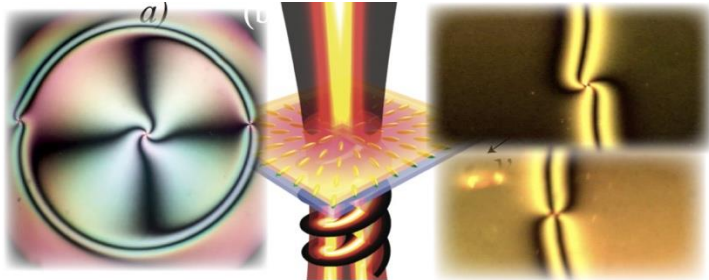
MC03: Trampas magnéticas de vortices

Prof.: Marcel G Clerc.

Estudiante postgrado encargado: Roberto Gajardo

Requisito: Mecánica Clásica.

una eficiente técnica de generar rayos de vórtices ópticos (cf. Figura), utilizados en diversas aplicaciones desde pinzas ópticas, análisis de imágenes astronómicas, telecomunicaciones y computación cuántica, es por medio de hacer pasar un haz gaussiano sobre un defecto umbilico o vórtice de cristal líquido [1-4].



Sin embargo, en todos los métodos usados (fotoconductores [1-3] o anillos magnéticos [4,5]) se atrapan fácilmente las cargas positivas. Recientemente por medio de imanes de barra negativas hemos atrapado cargas negativas aisladas (ver figura). **El objetivo de la práctica de verano será realizar estudio experimental y teórico del origen y caracterización de la trampa magnética de cargas negativas.** En Particular, se caracterizará la dinámica la emergencia y mecanismos de fijación de los vórtices, además, por medio de uso de amplitud tipo Ginzburg-Landau se caracterizará la dinámica de las singularidades de fase. Los estudios experimentales se llevarán a cabo en el laboratorio de fenómenos robustos en óptica (LAFER, <https://www.cec.uchile.cl/~lafer/>).

Bibliografía

- [1] R. Barboza, U. Bortolozzo, G. Assanto, E. Vidal-Henriquez, M.G. Clerc, and S. Residori, Vortex Induction via Anisotropy Stabilized Light-Matter Interaction, *Phys. Rev. Lett.* 109, 143901 (2012).
- [2] R. Barboza, U. Bortolozzo, G. Assanto, E. Vidal-Henriquez, M.G. Clerc, and S. Residori, Harnessing Optical Vortex Lattices in Nematic Liquid Crystals, *Phys. Rev. Lett.* 111, 093902 (2013).
- [3] R. Barboza, U. Bortolozzo, M.G. Clerc, S. Residori, and E. Vidal-Henriquez, Optical vortex induction via light-matter interaction in liquid-crystal medial, *Adv. Opt. Photon.* 7, 635 (2015).
- [4] E. Brasselet, Tunable High-Resolution Macroscopic Self- Engineered Geometric Phase Optical Elements, *Phys. Rev. Lett.* 121, 033901 (2018).
- [5] E. Calisto, M.G. Clerc, and V. Zambra Magnetic field-induced vortex triplet and vortex lattice in a liquid crystal cell, *Phys. Rev. Research* 2, 042026(R) (2020)

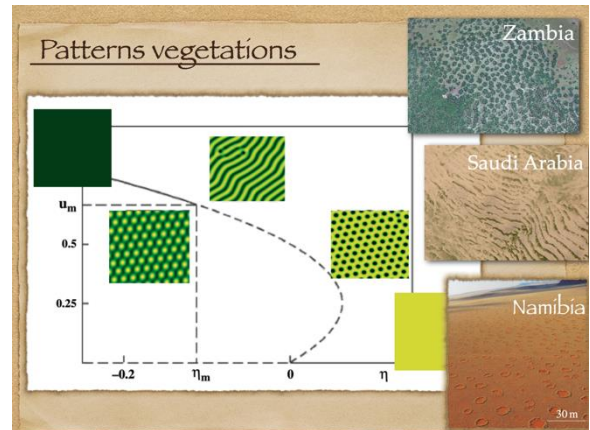
MC04: Formación de patrones de vegetación en climas

Prof.: Marcel G Clerc.

Estudiante postgrado encargado: David Pinto

Requisito: Mecánica Clásica.

semiáridos y áridos: Uno de los fenómenos intrigantes de auto organización es la formación de patrones de plantas en ecosistemas áridos o semiáridos [1-8]. Dependiendo sobre la escasez de agua y nutrientes, y la topografía, la biomasa se puede organizar en hexágonos desordenados, laberintos, mosaicos de parches o huecos vegetativos, y rayas (ver figuras). **El objetivo de la practica de verano será realizar estudio teórico y numérico del origen y caracterización de la formación de patrones de vegetación.**



Bibliografía

- [1] C. A. Klausmeier. Regular and irregular patterns in semiarid vegetation. *Science*, 284, 1826 (1999).
- [2] R. HilleRisLambers, M. Rietkerk, F. van den Bosch, H.H. Prins, and H. de Kroon. Vegetation pattern formation in semi-arid grazing systems. *Ecology*, 82, 50 (2001).
- [3] J. von Hardenberg, E. Meron, M. Shachak, and Y. Zarmi. Diversity of Vegetation Patterns and Desertification. *Phys. Rev. Lett.* 87, 198101 (2001).
- [4] O. Lejeune, M. Tlidi, and P. Couteron. Localized vegetation patches: a self-organized response to resource scarcity. *Physical Review E* 66, 010901 (2002).
- [5] I. Bordeu, M.G. Clerc, P. Couteron, R. Lefever, and M. Tlidi. "Self-Replication of Localized Vegetation Patches in Scarce Environments. *Sci. Rep.* 6, 33703 (2016).
- [6] M. Tlidi, E. Berrios-Carob, D. Pinto-Ramo, A.G. Vladimirov, and M.G. Clerc, Interaction between vegetation patches and gaps: A self-organized response to water scarcity, *Physica D* 414, 132708 (2020).
- [7] M. Messaoudi, M.G. Clerc, E. Berrios-Carob, D. Pinto-Ramos, M. Khaffou. Makhoute, and M. Tlidi, Patchy landscapes in arid environments: Nonlinear analysis of the interaction-redistribution model, *Chaos* 30, 093136 (2020).
- [8] D. Pinto-Ramos, S. Echeverria-Alar, M.G. Clerc, and M. Tlidi, Vegetation covers phase separation in inhomogeneous environments, *Chaos, Solitons and Fractals* 163, 112518 (2022).

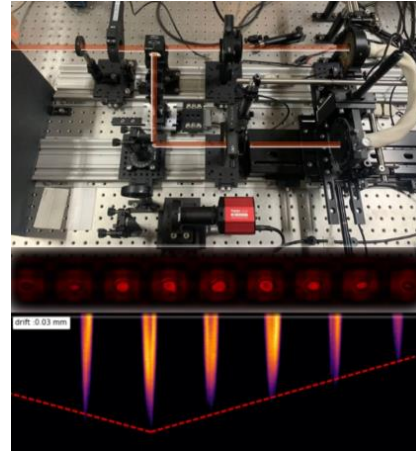
MC05: Dinamica de frentes de sistema bistable óptico acoplada no recíprocamente

Prof.: Marcel G Clerc.

Estudiante postgrado encargado: Pedro Aguilera y David Pinto

Requisito: Mecánica Clásica

los sistemas dinámicos acoplados con elementos no recíprocos exhiben comportamientos inesperados como propagación en una única dirección y formación de patrones propagativos [1,2]. Basados en una válvula de cristal líquido con retro inyección óptica, experimentalmente se puede implementar sistemas biestables acoplados no recíprocamente, ver figura. **El objetivo de la práctica de veranos será estudiar experimental y teóricamente la propagación ondas no lineales (frentes).** El acoplamiento no recíproco induce una inestabilidad convectiva y comportamientos caóticos espaciotemporal entre equilibrios. Estos comportamientos serán caracterizados cuidadosamente.



Bibliografía

- [1] C. Coullais, D. Sounas, and A. Alù, Static non-reciprocity in mechanical metamaterials, Nature (London) 542, 461 (2017).
- [2] D. Pinto-Ramos, K. Alfaro-Bittner, M.G. Clerc, and R.G. Rojas, "Nonreciprocal Coupling Induced Self-Assembled Localized Structures," Phys. Rev. Lett. **126**, 194102 (2021).

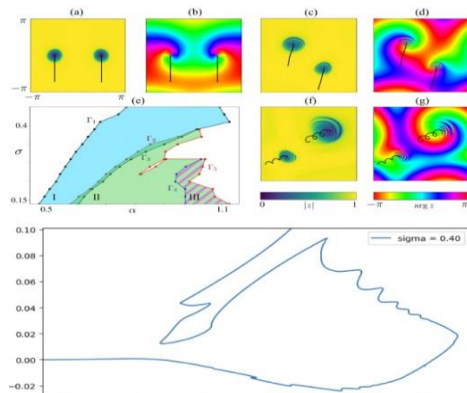
MC06: Método de continuación y diagrama de bifurcación:

Prof.: Marcel G Clerc.

Estudiante postgrado encargado: Martin Bataile

Requisito: Mecánica Clásica.

Los sistemas macroscópicos fuera del equilibrio usualmente se describen por ecuaciones a derivadas parciales o ecuaciones integro diferenciales. Estas ecuaciones se caracterizan por exhibir soluciones o equilibrios como función de los parámetros, experimentalmente usualmente solo tenemos acceso a las soluciones estables. En las últimas décadas se han desarrollado técnicas de persecución de soluciones por métodos basado en Newton Raphson. En la figura se ilustra la continuación de soluciones espirales en el modelo de Ott-Antonsen [1]. **El objetivo de la práctica de veranos será desarrollar métodos de continuación para modelos**



prototipos de sistemas ópticos forzados. En particular, se aplicará este método para cavidades de fibra óptica forzadas con campos externos, sistema físico de gran relevancia en la creación de peines ópticos, *super relojes*.

Bibliografía

[1] M. Bataille-Gonzalez, M.G. Clerc, and O.E. Omel'chenko, Moving spiral wave chimeras, Phys. Rev. E 104, L022203 (2021).

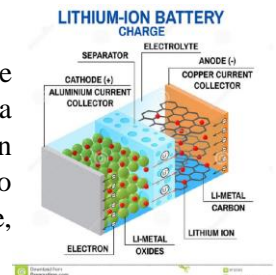
VF01: Titanato de litio (óxido de litio y titanio) para baterías de ion litio.

Investigador a cargo: Víctor Fuenzalida

Trabajo apropiado para una persona.

Existen muchos tipos de electrodos para baterías de litio, con ventajas y desventajas. Uno de esos es el titanato de litio [1]. La denominación no se aplica a un solo material, sino a una colección de óxidos Li-Ti-O con diferentes estequiometrías, estructuras cristalográficas y propiedades. En el contexto de esta propuesta el material presumiblemente contendrá hidrógeno, lo que se denomina un titanato ácido de litio, compuesto del tipo H-Li-Ti-O.

Las baterías de ion litio funcionan con el principio de intercalación: el ion Li^+ se puede intercalar en el ánodo o en el cátodo, y su migración a través de un sólido está asociada al flujo de electrones en un circuito externo (y a la inversa en el proceso de carga). Un desafío permanente es el desarrollo de materiales que proporcionen un elevado suministro de energía, lo que depende del voltaje de operación y de la corriente, que, entre otros parámetros, depende del área.



Existen baterías basadas en titanato de litio. Estas usan nanocristales de titanato de litio, lo que permite aumentar el área efectiva y, por lo tanto, la corriente eléctrica. Esto compensa parcialmente el menor voltaje al que operan.

Experimentos preliminares realizados en el laboratorio de superficies muestran que el titanio metálico tratado en soluciones de LiOH 10M (eso es muy concentrado) a 200 °C durante 24 horas, a pesar de que se observan cambios visuales en su superficie, no da lugar a depósitos cristalinos de titanatos. Esta propuesta consiste en tratar hidrotérmicamente muestras de *óxido de titanio* en soluciones de LiOH. Estos óxidos pueden ser

- nano o micropolvos de TiO_2 de diferente tamaño de grano
- titanio metálico preoxidado térmicamente
- titanio metálico preoxidado electroquímicamente

Tradicionalmente se ha usado espectroscopia de electrones inducidos por rayos X (XPS) para diagnosticar la incorporación de un catión en la superficie del titanio. El desafío en esta oportunidad radica en que la sección eficaz de foto ionización para el litio, asociada a su bajo número atómico ($Z=3$), es tan pequeña que no puede ser detectado por el instrumento. En su lugar deberá usarse:

-Difracción de rayos X (XRD) tanto en configuración 2θ en ángulo rasante, que permite identificar la estructura cristalina del material formado

-Espectroscopia de electrones inducidos por ultravioleta (UPS) generado por una descarga de helio, que permitirá distinguir el comportamiento de la banda de valencia del material tratado: la medición misma no es compleja, pero su interpretación requiere de intenso trabajo después de la recopilación de los datos.

[1] Guan-Nan Zhu, Yong-Gang Wang and Yong-Yao Xia, Ti-based compounds as anode materials for Li-ion batteries, *Energy Environ. Sci.*, 2012, 5, 6652, DOI: 10.1039/c2ee03410g

VF02: Propiedades eléctricas vs composición de películas de BSTO.

Profesores a cargo: Víctor Fuenzalida (DFI, FCFM) y Rodrigo Espinoza (DIQBM, FCFM)

Trabajo apropiado para una persona.

Existe un interés general en materiales de elevada constante dieléctrica para almacenamiento de carga en condensadores, en particular posibles elementos de memoria. Entre estos materiales se encuentra una familia de la forma $M(\text{Ti,Zr})\text{O}_3$, donde M es uno o más metales de la columna II de la tabla periódica, Bi, Pb y otros.

Una serie de películas desarrolladas en el Laboratorio de Superficies del DFI estudió el crecimiento de películas delgadas de diferentes óxidos complejos de la forma $M\text{TiO}_3$ por medio de la modificación superficial de una placa de titanio sumergida en un eutéctico¹ fundido con hidróxido del metal M en solución [1,2,3]. Se determinó que el eutéctico apropiado es NaOH/KOH y solo se obtuvo resultados positivos para SrTiO_3 y BaTiO_3 . Uno de los factores que afectan el crecimiento y composición de la película es el contenido de agua, habiéndose determinado que una solución anhidra de $\text{Sr}(\text{OH})_2$ no genera película, mientras que ocurre lo contrario para el caso del Ba.

Desde el punto de vista de la composición superficial, se encontró que la adición de pequeñas cantidades de agua alteran significativamente la relación Sr:Ba en la superficie, información obtenida por medio de espectroscopía de fotoelectrones.

Superada la etapa de síntesis de esas películas, quedan entre otros dos temas a resolver.

I) Composición volumétrica, que no tiene por qué ser similar a la superficial y generalmente difiere de esta.

II) Determinación de propiedades eléctricas, en particular resistividad y constante dieléctrica.

Esta propuesta consiste en resolver los temas pendientes (I y II) para una decena de muestras ya preparadas durante la ejecución de la última memoria (es decir, no involucra síntesis química).

¹ Un eutéctico es una mezcla de dos o más componentes con temperatura de fusión mínima, generalmente muy inferior a los componentes separados, y que para algunos efectos se comporta como una sustancia pura

I) Se deberá usar un microscopio de barrido (disponible en el DIQBM), en particular analizar los rayos X emitidos, para determinar la cantidad relativa de Ba y Sr en las muestras, correlacionarla con el contenido de agua en el eutéctico y con la composición superficial (ambos disponibles).

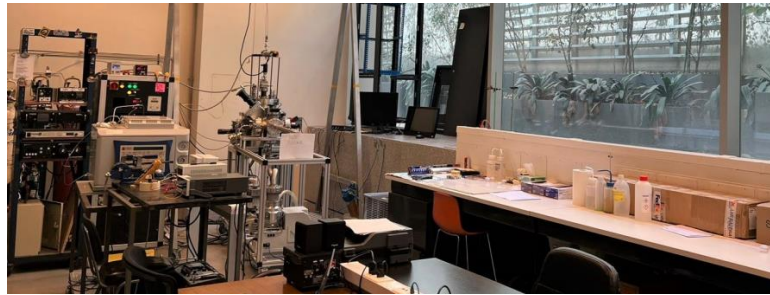
II) Se deberá evaporar contactos de aluminio sobre las muestras para generar un condensador con el dieléctrico entre las dos armaduras. De este modo se puede determinar las curvas I-V (corriente-voltaje), de donde se infiere su resistencia. Adicionalmente se medirá la capacidad de los condensadores en función de la frecuencia para determinar la constante dieléctrica que es, en última instancia, la magnitud de mayor interés.

Como resultado final se pretende establecer una correlación entre las propiedades eléctricas y la composición.

[1] Darío Felipe Gaete Zaldívar, Modificación de superficies metálicas, UTEM (2016)

[2] Luis Eduardo Gálvez Sepúlveda, Tratamiento superficial de titanio en eutéctico de NaOH/KOH con adición de hidróxidos alcalino – térreos, UTEM (2018)

[3] Ariel Pérez Garrido, Síntesis de películas de $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ sobre placas de titanio usando el eutéctico NaOH/KOH como solvente, UTEM (2022)



MR01: Aceleración de electrones y positrones por bombeo magnético en nebulosas de pulsares usando simulaciones PIC

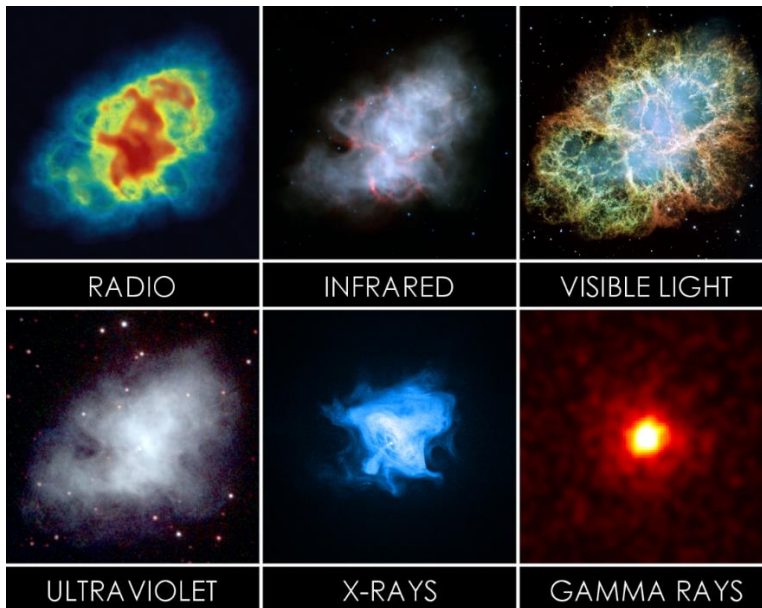
Profesores guías: Mario Riquelme (DFI) y Francisco Ley (estudiante de doctorado, Universidad de Wisconsin-Madison)

Resumen:

El mecanismo de bombeo magnético ha sido propuesto para explicar el fenómeno de aceleración de partículas en varios ambientes astrofísicos en los que se supone la existencia de campos magnéticos que varían de forma periódica. Existen trabajos recientes que exploran aplicaciones de este proceso de aceleración en ambientes como el viento solar [1] y cúmulos de galaxias [2,3]. Sin embargo, el fenómeno de aceleración de partículas está presente en muchos otros ambientes astrofísicos. Por ejemplo, en las nebulosas de pulsares la presencia de electrones y positrones acelerados a energías ultra-relativistas es ineludible si se quiere explicar la emisión de estas nebulosas (ver las imágenes adjuntas de la nebulosa del Pulsar del Cangrejo en varias longitudes de onda).

El proyecto que se propone consiste en usar simulaciones de plasmas con el método particle-in-cell (PIC) para estudiar el mecanismo de bombeo magnético como alternativa para la aceleración de electrones y positrones relativistas en ambientes como nebulosas de pulsares. El/la estudiante se introducirá en la fenomenología astrofísica del problema [4] y se le entregarán nociones esenciales

sobre física de plasmas, para luego aprender a ejecutar y analizar simulaciones PIC de plasmas de pares bajo condiciones similares a las nebulosas de pulsares.



d) Referencias:

- [1] Lichko, E., Egedal, J., Daughton, W., & Kasper, J. 2017, *The Astrophysical Journal*, 850, L28
- [2] Ley, F., Zweibel, E., Riquelme, M., Sironi, L., Miller, D., Tran, A. 2022, arXiv:2209.00019v1
- [3] Tran, A., Sironi, L., Ley, F., Zweibel, E., Riquelme, M. 2022, arXiv:2209.12902v1
- [4] Amato, E. 2015, arXiv:1503.02402

e) El proyecto tendrá 1 vacante. Se solicitará compromiso de dedicación exclusiva al proyecto durante el tiempo que duren las prácticas de verano.

CH01: Estabilización de la temperatura en una celda de Rubidio

Profesores: Diego Guzmán y Carla Hermann.

Resumen: En el laboratorio de óptica cuántica de la Universidad de Chile, se necesita estabilizar la temperatura de una celda de Rubidio 85 a unos aprox. 120 ° Celsius, para el experimento de generación de luz cuántica comprimida. La celda, calentada a esta temperatura, más la inyección de un haz de bombeo de alta potencia, genera junto a los átomos de Rubidio un medio no lineal que permite la generación de este tipo de luz cuántica. Actualmente, la temperatura está siendo controlada manualmente mediante la aplicación de voltaje a una resistencia que envuelve a la celda. Se espera la realización de un montaje electrónico que permita a la vez registrar la temperatura en un PC y también controlar el voltaje aplicado dependiendo de la temperatura actual, permitiendo así una estabilización de esta. Se busca un perfil de estudiante de ingeniería eléctrica, en lo posible interesado en la física.

Referencias:

- (1) https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller
- (2) Generation of Spatially Broadband Twin Beams for Quantum Imaging, PRL

2008, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.143601>

(3) Experimental Generation of Multiple Quantum Correlated Beams from Hot Rubidium Vapor, PRL 2014, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.023602>

Posibles cupos: 1

CH02: Hacia la generación de luz comprimida de dos modos

Profesores: Diego Guzmán y Carla Hermann

Resumen: En el laboratorio de óptica cuántica estamos montando un setup experimental para la generación de luz comprimida de dos modos brillantes. Entre las distintas aplicaciones de este tipo de luz, se ha encontrado que esta es extremadamente útil en experimentos de metrología cuántica. Es por eso que en nuestro laboratorio queremos usarla en esa dirección, además de explorar otros sistemas, como lo es la propagación de este tipo de luz en arreglos fotónicos.

El objetivo de esta práctica de verano es trabajar junto con el Dr. Diego Guzmán para terminar el setup experimental, observar la generación de haces gemelos y posteriormente caracterizarlos. Se busca un perfil de estudiante que tenga en lo posible lo siguiente: un poco de experiencia en óptica experimental, que tenga cursado mecánica cuántica, y algunos conocimientos en óptica cuántica. Pero por sobre todo, se busca una persona con mucho ánimo de trabajar en equipo, de enfrentar el desafío con la mejor actitud, y que tal vez se interese en seguir un trabajo de tesis de postgrado.

Referencias:

(1) Experimental Generation of Multiple Quantum Correlated Beams from Hot Rubidium Vapor, PRL 2014, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.023602>

(2) Generation of Spatially Broadband Twin Beams for Quantum Imaging, PRL 2008, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.143601>

(3) “Manipulation of Multimode Squeezing in a Coupled Waveguide Array”, S.Rojas-Rojas, E. Barriga, C. Muñoz, P. Solano, and C. Hermann-Avigliano, Phys. Rev. A 100, 023841, 2019.

(4) Quadrature protection of squeezed states in a one-dimensional photonic topological insulator, Quantum 2021. <https://doi.org/10.22331/q-2021-08-17-526>

Posibles cupos: 1

CH03: Transiciones “prohibidas” con láseres comunes

Profesora: Carla Hermann

Resumen: En algunos experimentos de interacción radiación-materia existen escenarios donde ciertas transiciones atómicas no pueden ser alcanzadas fácilmente.

Esto por varios motivos. Hay transiciones que esta prohibidas por reglas de selección, y hay otras que, si bien están permitidas, no podemos acceder a ellas con un láser (no existen láseres en ciertas longitudes de onda). Una forma de abordar el problema es imaginarnos que tenemos dos láseres con longitudes de onda típicas, pero cuyas diferencias de frecuencia se acerquen a la frecuencia de transición objetivo. La idea de esta práctica es hacer el desarrollo analítico del problema, usando átomos y/o moléculas que presenten momento dipolar permanente en algún escenario, y hacer luego el respectivo análisis numérico. Se busca una persona con muchas ganas de trabajar y aceptar el desafío, que tenga iniciativa propia para ir avanzado, y deseablemente (aunque no esencial) que tenga interés en un posible trabajo de tesis de postgrado. Es ideal que él o la estudiante tenga

conocimientos de óptica cuántica, aunque es posible abordar el tema aun sin conocimiento previo, entendiendo que el desafío será mayor en ese caso.

Referencias:

(1) “Exploring the Quantum Atoms, Cavities, and Photons”. Serge Haroche and Jean-Michel Raimond Oxford Graduate Texts.

Posibles cupos: 1

CH04: De estados coherentes a estados no gaussianos cuánticos

Profesora: Carla Hermann Avigliano

Resumen: En los trabajos [1] y [2] hemos visto cómo un estado coherente que interactúa no-linealmente con la materia, puede cambiar drásticamente sus propiedades de lo que comúnmente se entiende como luz “clásica” a luz cuántica. En esta práctica queremos estudiar otros posibles escenarios donde se pueda observar esta evolución. Inicialmente queremos ver el caso de interacción con un gas de moléculas, y dependiendo de esos resultados y el tiempo, abordaremos otros medios.

Se busca una persona con muchas ganas de trabajar y aceptar el desafío, que tenga iniciativa propia para ir avanzado, y deseablemente (aunque no es esencial) que tenga interés en un posible trabajo de tesis de postgrado. Es ideal que él o la estudiante tenga conocimientos de óptica cuántica, aunque es posible abordar el tema aun sin conocimiento previo, entendiendo que el desafío será mayor en ese caso.

Referencias:

(1) Deterministic Generation of Large Fock States, PRL 2020.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.093603>

(2) <https://arxiv.org/abs/2201.06042> Emergence of Non-Gaussian Coherent States Through Nonlinear Interactions.

Posibles cupos: 1

CH05: Disminuyendo el ruido en interferómetros de multi-puertos.

Profesores: Carla Hermann Avigliano y Pablo Solano

Resumen: Los recursos cuánticos pueden ayudar a superar el límite cuántico estándar en diferentes experimentos. Normalmente para ello se usan escenarios de dos puertos, como los interferómetros Mach Zehnder y Michelson. ¿Qué pasa en otros tipos de dispositivos con más puertos? En esta práctica queremos responder específicamente la siguiente pregunta: ¿qué tipo de recurso cuántico se debe inyectar a un interferómetro de 4 puertos para poder disminuir los ruidos por debajo del límite cuántico estándar? El interés de esta pregunta va con los recientes usos de fibras multi-puertos en comunicación cuántica (ver referencias). Se busca una persona con muchas ganas de trabajar y aceptar el desafío, que tenga iniciativa propia para ir avanzado, y deseablemente (aunque no es esencial) que tenga interés en un posible trabajo de tesis de postgrado. Es ideal que él o la estudiante tenga conocimientos de óptica cuántica, aunque es posible abordar el tema aun sin conocimiento previo, entendiendo que el desafío será mayor en ese caso.

Referencias:

(1) Maximizing quantum discord from interference in multi-port fiber beamsplitters. 2021 npj Quantum Information, <https://www.nature.com/articles/s41534-021-00502-2>

(2) Multidimensional Entanglement Generation with Multicore Optical Fibers, 2021 PR applied. <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.15.034024>

Posibles cupos: 1

CH06: Posibilidad de aplicación de la luz cuántica comprimida en modulación para comunicaciones

Profesora: Carla Hermann Avigliano

Resumen: Los recursos cuánticos, en especial la luz cuántica comprimida, han sido usados globalmente para metrología cuántica con el objetivo de disminuir ruidos intrínsecos asociados a esta, y superar así el límite cuántico estándar. Una pregunta abierta es como poder usar estos recursos cuánticos para la optimización de protocolos clásicos de comunicaciones ópticas, por ejemplo, para aumentar los anchos de banda. El objetivo de esta práctica es avanzar hacia la posibilidad de aplicar luz cuántica en protocolos de comunicaciones clásicas, en colaboración con el profesor Jaime Anguita de la Universidad de los Andes. Se busca una persona con muchas ganas de trabajar y aceptar el desafío interdisciplinario, que tenga iniciativa propia para ir avanzado, y deseablemente (aunque no es esencial) que tenga interés en un posible trabajo de tesis de postgrado. Es ideal que él o la estudiante tenga conocimientos de óptica cuántica, aunque es posible abordar el tema aun sin conocimiento previo, entendiendo que el desafío será mayor en ese caso.

Referencias:

(1) Turbulence-induced channel crosstalk in an orbital angular momentum- multiplexed free-space optical link. Applied Optics 2008, <https://doi.org/10.1364/AO.47.002414>

(2) Orbital-angular-momentum crosstalk and temporal fading in a terrestrial laser link using single-mode fiber coupling. Optics Express 2015. <https://doi.org/10.1364/OE.23.023133>

Posibles cupos: 1

RV01: Control electrónico de la propagación de luz en Redes Fotónicas

Profesores: Marcos Flores y Rodrigo A. Vicencio

Motivación: Durante el último tiempo, la computación cuántica ha recibido mucha atención [1,2], donde la fusión entre óptica y electrónica parece una vía de implementación clara. La posibilidad de realizar operaciones ópticas clásicas o cuánticas, que puedan ser controladas externamente, parecen la clave para el desarrollo de estas tecnologías futuras.

En esta práctica se plantea la realización de un trabajo de investigación en el que se mezclan diversas técnicas experimentales. Primero, en el laboratorio de Redes Fotónicas se aprenderá a

fabricar, en wafers de borosilicato, dispositivos fotónicos utilizando la técnica de escritura de guías de ondas por láser de femtosegundos.

Luego, se diseñarán y fabricarán máscaras litográficas en la sala limpia del DFI, para poder grabar circuitos eléctricos sobre el wafer de vidrio. Posteriormente, en el laboratorio de superficies, se harán depósitos metálicos de películas delgadas para, así, obtener circuitos integrados fotónicos con control eléctrico externo. Finalmente, el funcionamiento de estos dispositivos será testeado en el laboratorio de Redes Fotónicas.

Cupo: 2 estudiantes.

Referencias:

[1] Y.-J. Chang, et al., “Symmetry-Induced Error Filtering in a Photonic Lieb Lattice,” *Physical Review Letters* 126, 110501 (2021).

[2] J.M. Arrazola, et al., “Quantum circuits with many photons on a programmable nanophotonic chip,” *Nature* 591, 54 (2021).

RV02: Transformadores de Hadamard Fotónicos

Profesores: Rodrigo A. Vicencio y Bastián Real

Motivación. Dentro de las operaciones unitarias más comunes en óptica y computación cuántica están las que se conocen como Transformadoras de Hadamard (TH), las que en cierta forma son Transformadoras de Fourier en espacio real [2]. Por ejemplo, un sistema con dos osciladores acoplados tiene dos estados, el simétrico/bonding (1,1) y el antisimétrico/antibonding (1,-1). Un Transformador de Hadamard dará como resultado estos estados al excitar el oscilador 1 y 2, respectivamente. Esto se puede escalar para más grados de libertad y generar a través de un TH estados reales tipo vórtice con cargas 0, 1, 2, etc. Estos vórtices son robustos a aberraciones del ambiente y se dice que sólo pueden destruirse con un vórtice de carga opuesta, por lo que resulta una alternativa importante de investigar para propagación de información tanto en fibras ópticas como en espacio libre, así como con luz clásica y cuántica.

En esta práctica buscamos implementar transformadores de Hadamard de 2, 3 y 4 grados de libertad. Para ésto, exploraremos dos métodos utilizando la técnica de escritura de guías de ondas por láser de femtosegundos. El primer método consiste en provocar un detuning en algunas guías de ondas, tal que se acumule una diferencia de fase que permita la implementación de la TH. Por ejemplo, para dos grados de libertad, si el detuning es igual a dos veces el acoplamiento entre guías, entonces a una distancia muy precisa se obtendrá un TH. El segundo método se basa en el uso de estados dipolares en guías de ondas para inducir una diferencia de fase π , de forma de lograr la condición anti-bonding [2].

Cupo: 1 estudiante.

Referencias:

[1] R. Heilmann, et al., “Arbitrary photonic wave plate operations on chip: Realizing Hadamard, Pauli-X, and rotation gates for polarisation qubits,” *Scientific Reports* 4, 4118 (2014).

[2] D. Guzmán-Silva, G. Cáceres-Aravena, and R.A. Vicencio, “Experimental observation of interorbital coupling,” *Physical Review Letters* 127, 066601 (2021).

RV03: Guías curvas superficiales para excitación evanescente de muestras biológicas.

Profesores: Rodrigo A. Vicencio y Bastián Real

Motivación. Dentro de las técnicas de microscopía se encuentra una conocida como Total Internal Reflection Fluorescence (TIRF) microscopy en donde moléculas o especies biológicas son analizadas muy cerca de la superficie de vidrio, utilizada como porta muestras [1]. Las técnicas actuales requieren equipos costosos y difíciles de montar, para obtener un campo evanescente en la superficie del porta muestra con tal de iluminar sólo las especies que allí se encuentren [2]. En esta práctica buscamos implementar iluminación superficial en un vidrio de borosilicato. Para esto aprenderemos la técnica de escritura de guías de ondas por láser de femtosegundos, y exploraremos los límites de escritura en cuanto a la superficie y visualización de luz allí. Estudiaremos diversas variaciones para obtener más intensidad de luz en la superficie, por ejemplo curvando las guías (tipo lanzamiento de proyectil) o creando impurezas cercano a la zona de muestreo.

Cupo: 1 estudiante.

Referencias:

- [1] A.M. Szalai, et al., “Three-dimensional total–internal reflection fluorescence nanoscopy with nanometric axial resolution by photometric localization of single molecules,” *Nature Communications* 12, 517 (2021).
- [2] Z. Fan, et al., “Chip-based wide field of view total internal reflection fluorescence microscopy,” *Optics Letters* 47, 4303 (2022).

RV04: Fabricación de redes fotónicas en profundidad vía átomos y moléculas fotónicas

Profesores: Rodrigo A. Vicencio y Bastián Real

Motivación. Una de las complejidades mayores en la fabricación de redes fotónicas es la de fabricar redes homogéneas en profundidad, es decir que guías escritas a 200-300 micrómetros de la superficie sean idénticas a las que están 50-100 micrómetros. Este paso es clave para el desarrollo de redes fotónicas como dispositivos funcionales para el manejo de información en chip fotónicos diversos, tanto para una operación clásica como cuántica. Actualmente estas “aberraciones” se corrigen vía moduladores espaciales de luz [1], método poco práctico y costoso de implementar en la técnica ya instalada en nuestro laboratorio.

En esta práctica buscamos estudiar con mayor detalle los efectos de profundidad en la fabricación de guías de ondas. Para esto aprenderemos la técnica de escritura de guías de ondas por láser de femtosegundos y buscaremos la forma de optimizar la fabricación en diversas profundidades vía, primero, la variación de parámetros de escritura y, segundo, vía la fabricación de aglomeraciones de guías de ondas a las que denominamos moléculas fotónicas. Estas moléculas pueden corregir asimetrías propias de la técnica de fabricación, como lo es, por ejemplo, la elipticidad de las guías producidas.

Cupo: 1 estudiante.

Referencias:

- [1] H. Hanafi, et al., "Localized dynamics arising from multiple flat bands in a decorated photonic Lieb lattice," *APL Photonics* 7, 111301 (2022).
- [2] D. Román-Cortés, "Strain induced localization to delocalization transition on a Lieb photonic ribbon lattice," *Scientific Reports* 11, 21411 (2021).

RV05: Caracterización optomecánica de películas delgadas de cristales líquidos

Profesores: Rodrigo A. Vicencio, Mauricio Morel, y Marcel Clerc

Motivación. Los cristales líquidos pueden ser mezclados con otras especies de tal forma que sus propiedades elásticas se pueden modificar, así como su sensibilidad a ciertas longitudes de onda [1,2]. La posibilidad de lograr un cambio mecánico en estos materiales, vía la incidencia de luz a distancia, podría tener importantes aplicaciones en diversas tecnologías en que se requiera un control a distancia de un cierto proceso.

En esta práctica buscamos caracterizar ópticamente distintas muestras de cristal líquido fabricadas en el Laboratorio de Investigación Básica y Aplicada en Materiales y Minerales (UDA, Copiapó). Para esto construiremos un montaje experimental en el que podamos incidir luz láser controladamente sobre las muestras, ya sea seleccionando la longitud de onda, intensidad y polarización, y verificar los efectos mecánicos en el material como respuesta a esta radiación. Luego, exploraremos una membrana dos dimensional en la que estudiaremos la posibilidad de excitar modos normales y ondas superficiales.

Cupo: 1 estudiante.

Referencias:

- [1] T.A. Kent, et al., "Soft actuators using liquid crystals elastomers with encapsulated liquid metal joule heaters," *Multifunctional Materials* 3, 025003 (2020).
- [2] A. Saifi, et al., "Visible light responsive soft actuator based on functional anthracene dye," *European Polymer Journal* 171, 111176 (2022).

CF01: Recuperación de energía por reconfiguración mecánica: túnel de viento

Profesores encargados: Claudio Falcón, Rodrigo Hernández

Resumen: Los cuerpos flexibles pueden ser deformados por esfuerzos aero e/o hidrodinámicos. Estas deformaciones tienen consecuencias tanto en la dinámica de las estructuras como en las propiedades del flujo mediante lo que se llama interacción flujo-estructura. Esta interacción es responsable de comportamientos colectivos interesantes, en particular la reconfiguración de estructuras [1], la reducción dinámica de la fuerza de arrastre [2] y la aparición de vibraciones inducidas por vórtices (VIVs) que generan por ejemplo inestabilidades aeroelásticas en objetos deformables [3]. Una de estas inestabilidades es la conocida como "flutter" (aleteo), donde se excitan modos de oscilación de una estructura elástica por efecto de los esfuerzos aerodinámicos asociados a un flujo actuando sobre la estructura. Este tipo de comportamientos han sido recientemente estudiados por la posibilidad de utilizarlos para la recuperación de energía [6].

En ese sentido, es posible controlar la interacción fluido-estructura, y a su vez el comportamiento dinámico de este par, cambiando las propiedades mecánicas de la estructura al incluir, por ejemplo, la porosidad. De esta manera podemos sintonizar tanto la reconfiguración de una estructura por efecto de un esfuerzo aero o hidrodinámico [4], como el umbral dinámico para el desarrollo de inestabilidades [5]. Para ello, es razonable tener un sistema de control tanto de la reconfiguración de la estructura como de la generación del flujo de aire que permita conocer y controlar sus propiedades.

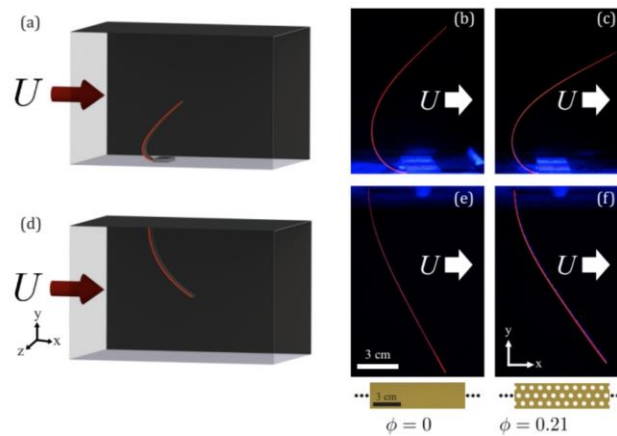


FIG. 1: Flujo uniforme impactando una placa [4]

Objetivos: En este proyecto se plantea la idea de cuantificar la posibilidad de sintonizar la reconfiguración aero e/o hidrodinámica de una estructura sencilla (una placa) en un túnel de viento con el fin de estudiar la posibilidad de recuperar energía mecánica desde la oscilación de la estructura. Para realizar estos experimentos se plantea restaurar el túnel de viento del Laboratorio de Fenómenos No Lineales del Departamento de Ingeniería Mecánica para realizar experimentos de reconfiguración aeroelástica. Así una estructura elástica con un módulo de flexión conocido será sometida a un flujo constante de aire. Se medirá la fuerza que ejerce el flujo, la deformación de la estructura y el cambio del perfil de velocidades dentro del túnel en función de las propiedades de la estructura [2]. Teóricamente se simulará la dinámica de la estructura mediante la teoría de Kirchoff-Euler para barras delgadas, y se simulará el flujo interactuante con la estructura mediante Open FOAM con la condición de borde apropiada en la estructura.

Requerimientos: Conocimientos de métodos matemáticos de la física y/o mecánica del continuo.

Conocimientos básicos de CFD (Computation Fluid Dynamics).

Cupos: 2 estudiantes (1 experimental, 1 numérico/teórico)

* Electronic address: cfalcon@uchile.cl

[1] F. Gosselin, E. de Langre, B. Machado-Almeida, *J. Fluid Mech.* 650, 319–342 (2010).

[2] S. Alben, M. Shelley, and J. Zhang, *Nature* 420, 479–481 (2002).

[3] M. P. Païdoussis, S. J. Price, and E. de Langre, *Fluid-Structure Interactions: Cross-Flow-Induced Instabilities*, 1st ed. (Cambridge University Press, Cambridge, 2014).

[4] M. Gutttag, H. Karimi, C. Falcón and P. M. Reis, *Phys. Rev. Fluids* 3, 014003 (2018).

[5] D. Natali et al, *J. Fluid Struc.* 61 362–375 (2016).

[6] J. Lee, Y. Qi, G. Zhou and K. B. Lua, *Sci. Rep.* 9 20404 (2019).

FB01: Efusión en un sistema cuántico

Investigador a cargo: Felipe Barra

1 cupo

Consideraremos dos sistemas acoplados de modo que partículas pueden escapar de uno (finito) a otro (infinito).

Formularemos el problema para varias partículas pero sin interacción y nos interesaremos en el límite de decaimiento exponencial de la probabilidad de estar en el sistema finito y en la probabilidad de que las partículas que escapan tengan cierto momentum p , si inicialmente el estado de estas es térmico. El escape de partículas ha sido estudiado desde los orígenes de la física nuclear y se ha enfocado en los fenómenos de resonancia [1] y decaimiento [2], sin embargo el límite en el que la distribución de partículas que escapan se distribuyen según los resultados clásicos del problema de efusión parece no haber sido identificado.

[1] U. Fano Physical Review **124** 1866 (1961)

[2] E. B. Davies, Journal of Mathematical Physics **15** 2036 (1974)

FB02: Colisiones, entrelazamiento y decoherencia

Investigador a cargo: Felipe Barra

1 cupo

Un proceso de colisión entrelaza la partícula incidente con el blanco.

El entrelazamiento, medido por ejemplo por la entropía de entrelazamiento, dependerá del estado que describe a la partícula incidente. En esta práctica queremos calcular esta dependencia para procesos como los estudiados en [1] y [2] considerando tanto estados puros, como mezclas para la partícula incidente.

[1] SL Jacob, M Esposito, JMR Parrondo, F Barra Quantum **6**, 750 (2022).

[2] SL Jacob, M Esposito, JMR Parrondo, F Barra PRX Quantum **2**, 020312 (2021).