



1821 Universidad de Buenos Aires

Resolución Consejo Directivo

Número: RESCD-2026-1432-E-UBA-DCT#FCEN

CIUDAD DE BUENOS AIRES
Lunes 27 de Julio de 2026

Referencia: EX-2026-03432985- -UBA-DMESA#FCEN - POSGRADO - Sesión
20/07/2026

VISTO

La nota presentada por la Dirección del Departamento de Física, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Dinámica No Lineal Avanzada** para el año 2026,

CONSIDERANDO

lo actuado por la Comisión de Doctorado,

lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada el día 20 de julio de 2026

en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

R E S U E L V E

ARTÍCULO 1°: Aprobar el nuevo curso de posgrado **Dinámica No Lineal Avanzada** de 108 horas y 16 semanas de duración, que será dictado por el Dr. Bernardo Gabriel Mindlin, con la colaboración de los Dres. Hernan Bocaccio, Leandro Fernández y los Lics. Felipe Cignoli y Francisco Benegas.

ARTÍCULO 2°: Aprobar el programa del curso de posgrado **Dinámica No Lineal Avanzada** que como anexo forma parte de la presente Resolución, para su dictado durante el segundo cuatrimestre de 2026.

ARTÍCULO 3°: Aprobar un puntaje máximo de cinco (5) puntos para la Carrera de Doctorado.

ARTÍCULO 4°: Establecer un arancel de **CATEGORÍA NULA**.

ARTÍCULO 5°: Disponer que, de no mediar modificaciones en el programa, la carga horaria y el arancel, el presente Curso de Posgrado tendrá una vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de la presente Resolución.

ARTÍCULO 6°: Comuníquese a todos los Departamentos Docentes, a la Dirección de Estudiantes y Graduados, a la Biblioteca de la FCEyN y a la Secretaría de Posgrado con copia del programa incluida. Cumplido, pase a FÍSICA#FCEN y resérvese.

ANEXO

Dinámica No Lineal Avanzada

PROGRAMA

Objetivos del curso:

- Objetivo general.

El curso tiene como objetivo introducir y desarrollar herramientas conceptuales, geométricas y analíticas de la dinámica no lineal avanzada, con énfasis en la comprensión cualitativa de sistemas dinámicos de baja dimensión, sus bifurcaciones, sus estructuras invariantes y sus aplicaciones a problemas de la física, la biología, la neurociencia, la ecología y otros sistemas complejos.

Se busca que los estudiantes adquieran una mirada dinámica sobre fenómenos naturales en los que la no linealidad, la estabilidad, la emergencia de oscilaciones, la sincronización, el caos y la formación de patrones desempeñan un papel central. El curso combina una presentación formal de los métodos con ejemplos físicos y biológicos, incluyendo sistemas excitables, osciladores acoplados, dinámica neuronal, sistemas vocales, fluidos, láseres y modelos ecológicos. El programa incluye temas como bifurcaciones, ciclos límite, mapas de Poincaré, variedades invariantes, variedad central, formas normales, reconstrucción de espacios de fases, caos, patrones espacio-temporales, sincronización y sistemas críticos.

- Objetivos específicos.

Al finalizar el curso, se espera que los estudiantes sean capaces de:

- Reconocer la diferencia conceptual y matemática entre sistemas lineales y no lineales, identificando qué tipos de comportamientos dinámicos pueden emerger en cada caso.
- Analizar la estabilidad local de puntos fijos y trayectorias, utilizando linealización, autovalores, autovectores y cambios de coordenadas adecuados.
- Comprender y clasificar bifurcaciones elementales, tales como nodo-silla,

transcrítica, pitchfork, bifurcaciones de ciclos límite y bifurcaciones homoclínicas.

- Interpretar geoméricamente la dinámica en el espacio de fases, incorporando nociones de trayectorias, variedades invariantes, ciclos límite, mapas de Poincaré y estructuras homoclínicas.
- Utilizar herramientas de reducción de dimensionalidad, en particular la teoría de variedad central, para comprender cómo sistemas de muchas variables pueden exhibir comportamientos efectivos de baja dimensión.
- Introducir el método de formas normales como herramienta para simplificar sistemas dinámicos cerca de puntos críticos y bifurcaciones.
- Comprender la emergencia de oscilaciones auto-sostenidas y forzadas, incluyendo osciladores de relajación, resonancias no lineales, diferencias de fase y sincronización.
- Analizar dinámicas caóticas desde una perspectiva geométrica y topológica, incluyendo mapas tipo Smale, reconstrucción de espacios de fases, diagnóstico de caos y análisis de señales temporales.
- Aplicar métodos de dinámica no lineal al estudio de datos experimentales, especialmente series temporales provenientes de sistemas físicos, biológicos o neurocientíficos.
- Estudiar patrones espacio-temporales y sistemas extendidos, mediante herramientas como descomposición en modos empíricos, aproximaciones de Galerkin y modelos de reacción-difusión.
- Comprender la dinámica colectiva de osciladores acoplados, incluyendo sincronización, modelos de campo medio, modelo de Kuramoto, ansatz de Ott-Antonsen y sistemas excitables.
- Vincular los conceptos matemáticos con aplicaciones concretas, incluyendo problemas en fluidos, láseres, neurociencias, ecología, sistemas críticos y sistemas con simetrías.

Programa analítico:

I.1 Newton y el origen de la dinámica.

I.2. Una mirada Newtoniana a la neurociencia.

I.3. Newton y la Gravitación: éxito y laberinto.

I.4. Vocabulario.

I.5. Ecuaciones lineales y no lineales.

I.6. Trayectorias.

- I.7. ¿Qué puede pasar en un sistema lineal? ¿Y en uno no lineal?
- I.8. Un primer acercamiento a la linealización.
- I.9. Ecuaciones diferenciales y determinismo.
- II.1 Bifurcaciones.
- II.2 Representando una bifurcación.
- II.3. Dos ejemplos, más emparentados de lo que parece.
- II.4. Un primer intento de formalización.
- II.5. Diagrama de bifurcaciones multidimensional.
- II.6. Bifurcación transcítica.
- II.7. Bifurcación de pitchfork, o tridente.
- II.8. El origen dinámico de la baja dimensionalidad.
- III.1. Sistemas lineales bidimensionales: Punto fijo aislado vs. subespacio de puntos fijos.
- III.2. Desglosando un sistema lineal. Autovectores, y principio de linealidad.
- III.3. Análisis de los casos posibles.
- III.4. Cambios de coordenadas para llevar un sistema lineal a uno de los casos paradigmáticos.
- III.5. Sistemas lineales forzados.
- IV.1. Ciclos límite; definición y ejemplos.
- IV.2. Osciladores de relajación.
- IV.3. Descartando ciclos límites, demostrando su existencia.
- IV.4. Bifurcaciones que dan lugar a ciclos límite.
- IV.5. Períodos y contenido espectral de ciclos límite.
- IV.6. La diferencia de fase entre un oscilador forzante y uno forzado.
- IV.7. Comentario sobre aplicación para el sistema vocal aviar.

IV.8 Mapas de Poincaré.

V.1. Variedades invariantes.

V.2. Definiciones y cómputo de variedades invariantes.

V.3. Un modo alternativo de cálculo de variedades.

V.4. Mapas locales cerca del punto fijo, para los casos hiperbólicos.

V.5. Teorema de la linealización.

V.6. Punteros hacia la demostración del teorema: el caso del sumidero.

V.7. Variedades invariantes y variedades lineales.

V.8. El péndulo físico y sus trayectorias periódicas

V.9. Demostrando existencia de órbitas homoclínicas.

VI.1. Bifurcaciones en sistemas planos, la bifurcación nodo-silla.

VI.2. Bifurcaciones de pitchfork y transcítica.

VI.3. Bifurcación de nodo silla de ciclos.

VI.4. Bifurcación homoclínica.

VI.5. Un ejemplo que resume nuestras descripciones.

VI.6. Ejemplo: la bifurcación de Takens-Bogdanov con términos cúbicos.

VII.1. Reducción de la dimensionalidad: la variedad central.

VII.2. Formalizando el problema.

VII.3. Cálculo de la variedad central.

VIII.1. Formas Normales; presentación.

VIII.2. Notación.

VIII.3. El mecanismo de reducción de la ecuación.

VIII.4. Formalizando.

VIII.5. Parte lineal no-diagonal.

VIII.6. Forma Normal para sistemas linealmente oscilatorios.

VIII.7. Forma normal para el caso de dos autovalores nulos, con un autovector.

IX.1. Oscilaciones forzadas: agitando sistemas lineales.

IX.2. Agitando sistemas no lineales.

IX.3. Mapa de Smale.

IX.4. El conjunto invariante del mapa de Smale.

IX.5. Templados.

IX.6. Análisis topológico de señales temporales caóticas.

X.1. Análisis de datos temporales: reconstrucción de un espacio de fases.

X.2. El esqueleto de un sistema dinámico. El esqueleto del caos.

X.3. Diagnóstico caótico.

XI.1. Análisis de patrones espacio temporales. Descomposición en modos empíricos.

XI.2. Descomposición de Galerkin.

XI.3. Ecuaciones de reacción difusión.

XI.4. Ecuaciones de reacción difusión en química.

XI.5. Los patrones espaciales en los caparzones de los moluscos.

XII. 1. Campo medio para osciladores acoplados.

XII.2. La sincronización de dos unidades acopladas, el forzado de una unidad.

XII.3. Modelo de Kuramoto.

XII.4. El ansatz de Antonsen-Ott.

XII.5. Sistemas excitables.

XIII. Bifurcaciones en presencia de simetrías

XIV. Aplicaciones

XIV.1. Dinámica y fluidos

XIV.2. Dinámica y el láser

XIV.3. Dinámica y neurociencias

XIV.4. Dinámica y ecología

XV. Sistemas críticos.

Esquema de evaluación:

Presentación de una monografía en la cual se apliquen las herramientas adquiridas a un tema de interés para el proyecto de postgrado del estudiante, o su campo laboral.

BIBLIOGRAFIA

- Mindlin G. B. Dinámica no lineal. Editorial Universidad Nacional de Quilmes (2018).
- Strogatz, S. Nonlinear Dynamics and Chaos, Westview, 2024 (fácil, muy fácil... e ideal para las primeras dos partes del curso).
- Wiggins S. Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos, Springer (2021) (más matemático que el Strogatz y fundamental para la segunda parte del curso).
- Guckenheimer J. and Holmes P. Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of vector fields. (y... es la biblia del tema. Para el que se anime...) 1983 (Springer).
- Solari HG, Natiello MA and Mindlin GB. Nonlinear Dynamics: A Two-Way Trip from Physics to Math, CRC Press, 2024 (complemento que suma: ni tan duro como el Guken ni tan blando como el Strogatz).
- Arrowsmith D and Place C. An introduction to dynamical systems, Cambridge (1992) (duro, pero lo que se aprende aquí, sirve siempre. Ideal para la parte 3 del curso)
Aperitivos para curiosos de fin de semana.
- Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control (2024).
- Differential equations, dynamical systems and an introduction to chaos, Hirsch M. W., Smale S. and Devaney R. L. Academic press, 2012.
- Deep Learning with Python, Francois Chollet, Manning, 2018.

- Dynamical systems with Python, Lynch S., Springer, 2018
- “Deep learning.” LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. *nature* 521.7553 (2015): 436.
- “Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems.” Brunton, Steven L., Joshua L. Proctor, and J. Nathan Kutz. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113.15 (2016): 3932-3937.
- *Turbulence, coherent structures, dynamical systems and symmetry*. Holmes, Philip, et al. Cambridge university press, 2012.
- *Neural networks and deep learning*. Charu Aggarwal, Springer (2019).

Digitally signed by MARTI Marcelo Adrian
Date: 2026.07.24 13:36:34 ART
Location: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Marcelo Marti
Secretario
Secretaría de Posgrado
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Digitally signed by DURAN Guillermo Alfredo
Date: 2026.07.27 14:06:18 ART
Location: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Guillermo Alfredo Duran
Decano
Decanato
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales