

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
FI7024	Tópicos en física no lineal			
créditos	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
9				
Requisitos			Carácter del Curso	
FI3111 Mecánica Clásica (antiguo FI3101)			Electivo Licenciatura	
Introducción				
<p>Los sistemas compuestos por muchos constituyentes fuera del equilibrio termodinámico - materia fuera del equilibrio – exhiben una gran variedad de comportamientos colectivos espaciales y temporales. La Física No-lineal se consagra en la caracterización de estos comportamientos colectivos de manera unificada por medio de modelos minimales.</p> <p>El gran éxito de esta área de la Física contemporánea en las dos últimas décadas no sólo en las ciencias naturales como la Física, Geofísica, Química y la Biología, sino también en las ciencias humanas tales como la Sociología y la Economía, se debe a que su objetivo principal es el estudio de fenómenos robustos, es decir, fenómenos independientes de la Física subyacente, como por ejemplo, comportamientos caóticos, oscilatorios o cuasi-periódicos, bifurcaciones, inestabilidades y formación de patrones. Entonces estos fenómenos son universales, como lo ilustra la formación de patrones regulares en medios disipativos tales como aquellos observados en sistemas químicos, descarga de gases, láseres, plasmas, cristales líquidos, medios granulares, crecimientos de cristales, sistemas magnéticos, hidrodinámica, electroconvección, pigmentación de los animales e insectos.</p> <p>El estudio de fenómenos robustos se basa esencialmente en la comprensión y caracterización de las ecuaciones diferenciales ordinarias y a derivadas parciales, lo que no significa resolverlas analíticamente, sino tener una comprensión de los comportamientos que las ecuaciones diferenciales contienen (Teoría de Catástrofes). Esta comprensión permite entender y modelar fenómenos descritos por ecuaciones diferenciales.</p>				
Resultados de Aprendizaje				
<p>El objetivo principal de este curso es responder a las tres siguientes preguntas: ¿Qué es una dinámica no-lineal?, y que hace la diferencia con una lineal. ¿Desde un punto de vista de la Física, por qué se debe estudiar los sistemas no lineales y dejar de lado el confortable mundo de las ecuaciones lineales?</p> <p>¿Qué tipo de comportamientos robustos encontramos en los sistemas dinámicos descritos por ecuaciones diferenciales (ordinarias y a derivadas parciales) y cómo podemos describir estos de manera universal?</p>				

Número	Nombre de la Unidad
I	Dinámica de sistemas Unidimensionales
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas unidimensionales (sistemas mecánicos sobre amortiguados, evolución de especies biológicas, cavidades no lineales). • Estudio geométrico de los sistemas unidimensionales: Puntos de equilibrio (atractores, repelores, puntos silla), tinas de atracción, estabilidad lineal y no lineal. • Análisis de crecimiento logístico (modelo biológica de especies). • Propiedades de sistemas unidimensionales, potencial de Lyapunov y imposibilidad de oscilaciones. • Bifurcación Saddle-node (péndulo sobre amortiguado con disipación). • Bifurcación Transcritica (modelo simplificado del Laser). • Bifurcación Pitchfork (inestabilidad del Euler (elástica), sistemas mecánicos simples) • Bifurcación Pitchfork subcritica (punto de transición, bistabilidad y Maxwell) • Bifurcación imperfecta y catástrofe • Variable Periodica (flujo sobre un círculo) 	

Número	Nombre de la Unidad
II	Osciladores no-lineales
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Hamiltonianos (Suaves: péndulo plano. Duro: placas metálicas empotradas). • Con disipación e inyección de energía (péndulo físico, esférico). • Van der Pol y de Duffing (circuitos eléctricos, péndulos giratorios inclinados). • Método de ecuaciones de amplitud (método de Krylov-Bogolyubov) y multiescalas. • Forzados (resonancias lineales y no-lineales). • Forzados paramétricamente (Inestabilidad de Faraday). • Efecto Kapitza • Sincronización (péndulos de Huygens) 	

Número	Nombre de la Unidad
III	Herramientas de sistemas dinámicos (sistemas no extendidos)
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de Equilibrio y caracterización de bifurcaciones entre ellos (estables, inestables y metasestables). • teoría de índices. • Secciones de Poincaré. • Bifurcaciones (globales y locales) • Variedad central • Formas normales 	

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
IV	Caos	
Contenidos		
<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización cuantitativa de comportamientos robustos (Equilibrios estacionarios, soluciones periódicas, cuasi – periódicas y caóticas). 		

- Péndulo de Lorenz.
- Caos en ecuaciones diferenciales y en aplicaciones de primer retorno (mapping).
- Variedad central
- Rutas o escenarios del Caos: Doblamiento de período, intermicencia, casi – periodicidad y crisis.

Número	Nombre de la Unidad
V	Comportamientos genéricos de las ecuaciones a derivadas ordinarias (sistemas extendidos espacialmente en una dimensión)
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones homogéneas. • Interfaces entre soluciones homogéneas (Dinámica de frentes, biestabilidad, punto de Maxwell). • Soluciones tipo partícula: Solitones, frentes, ondas de choque, estructuras localizadas. • Frentes normales (transiciones de primer orden). • Frente-Kolmogorov (dinámica de población de especies). • Paredes o frentes entre estados simétricos (interfaces en sistemas magnéticos) • Ondas de choque (medios granulares) • Solitones (KDV, Josephson junctions) • Estructuras espaciales disipativas (formación de patrones, convección de Rayleigh-Benard, electroconvección, reacciones difusión y de catálisis, sistemas de descargas eléctricas, cristales líquidos, sección transversal de láseres, medios granulares fuera del equilibrio) • Formas normales para estructuras espaciales disipativas (modelos Lifschitz y Ginzburg-Landau) • Estructuras localizadas (reacción difusión, óptica bullet, oscilones, conjunto de osciladores acoplados) • Caos espacio-temporal (propagación de flamas, Modelo Kuramoto-Sivashiky) • Interacción de ondas y Turbulencia débil. 	

Número	Nombre de la Unidad
VI	Sistemas extendidos espacialmente en dos dimensiones
Contenidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Dinámica de frentes. • efecto de Gibbs-Thomson. • Soluciones tipo partícula: Solitones, frentes, ondas de choque, estructuras localizadas. • Estructuras espaciales disipativas (formación de patrones, convección de Rayleigh-Benard, electroconvección, reacciones difusión y de catálisis, sistemas de descarga eléctrica, cristales líquidos, sección transversal de láseres, medios granulares fuera del equilibrio) • Hexágonos, rollos y cuadrados • Formas normales para estructuras espaciales disipativas (modelos de Lifschitz y Ginzburg-Landau). • Estructuras localizadas (reacción difusión, optical Bullet, oscilones, conjunto de osciladores acoplados). • Caos espacio-temporal 	

Bibliografía General

- H. D. Abarbanel, M.I. Rabinovich and M.M. Sushchik, Introduction to Nonlinear Dynamics for physicists (World Scientific Publishing, Singapore, 1993).
- Newell and J. Moloney, Non-linear Optics, Addison-Wesley, Redwood, CA 1992.
- J. Guckenheimer and P. Holmes, Nonlinear oscillations, dynamical systems and bifurcations of vector fields. (Springer-Verlag, New York, 1983).
- M. Cross and P. Hohenberg, Rev. Mod. Phys. **65**, 851 (1993).
- V. Arnold, Chapitres supplémentaires de la théorie des équations différentielles ordinaires (MIR, Moscou, 1984).
- J.D. Murray, Mathematical Biology, I An Introduction, (Springer-Verlag, New York, 2002).
- P.G. Drazin, Nonlinear Systems, (Cambridge Texts in Applied Mathematics, 1992).
- E. Ott, Chaos in Dynamical System (Cambridge University Press, New York, 1993).
- L. Pismen, Patterns and interfaces in dissipative dynamics. Springer Series in Synergetics, Berlin Heidelberg.
- N.G. van Kampen, Stochastic Processes in Physics and Chemistry (North Holland, 2007).
- Steven H. Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos, (Perseus Books, 1994)
- P. Glansdorff, I. Prigogine, Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations (NY Interscience, New York, 1971).
- M. Cross and H. Greenside, Pattern Formation and Dynamics in Nonequilibrium Systems (Cambridge University Press, New York, 2009).
- Jackson, E. A. (1992). Perspectives of nonlinear dynamics (Vol. 1 and 2).
- N.N. Bogolyubov, Yu. A. Mitropol'skii, "Asymptotic methods in the theory of nonlinear oscillations", Gordon & Breach, Delhi (1961) (Translated from Russian).

Vigencia desde:	Otoño 2022
Elaborado por:	Marcel Clerc
Revisado por:	